

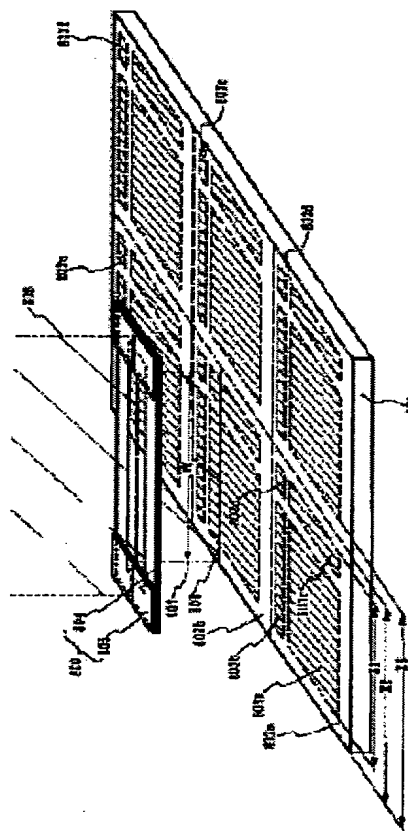
**LASER DEVICE, METHOD FOR HEAT TREATING BY USING LASER BEAM AND
METHOD FOR MANUFACTURING SEMICONDUCTOR DEVICE**

Patent number: JP2001156017
Publication date: 2001-06-08
Inventor: YAMAZAKI SHUNPEI; ARAI YASUYUKI; TANAKA KOICHIRO
Applicant: SEMICONDUCTOR ENERGY LAB
Classification:
- international: **G02F1/37; H01L21/20; H01L21/268; H01L21/336; H01L29/786; H01S3/00; G02F1/35; H01L21/02; H01L29/66; H01S3/00; (IPC1-7): H01L21/268; G02F1/37; H01L21/20; H01L21/336; H01L29/786; H01S3/00**
- european:
Application number: JP19990338799 19991129
Priority number(s): JP19990338799 19991129

Report a data error here

Abstract of JP2001156017

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method and a device for heat treating a semiconductor film by using a laser beam in correspondence with a large-scaled substrate, a method for heat treating a semiconductor film by using a laser beam, and a laser device therefor. **SOLUTION:** A linear laser beam, with a first length formed in an optical system, is converted into a linear laser beam with a second length through a slit 800 and is emitted to a substrate 801. The slit is composed integrally of a base 804 and a movable plate 805, and the length of the linear laser beam is regulated in its lengthwise direction by the movable plate 805. Although the movable plate 805 may be fixed to the base 804, and when a function to be made variable on the base 804 is added, the length of the linear laser beam in the lengthwise direction can be changed to a desired length within a variable range, so that a large-scaled substrate can also be heat treated.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-156017
(P 2 0 0 1 - 1 5 6 0 1 7 A)
(43) 公開日 平成13年6月8日 (2001. 6. 8)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-コ-ト (参考)
H01L 21/268		H01L 21/268	J 2K002
G02F 1/37		G02F 1/37	5F052
H01L 21/20		H01L 21/20	5F072
29/786		H01S 3/00	B 5F110
21/336		3/109	

審査請求 未請求 請求項の数22 O L (全33頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平11-338799

(22) 出願日 平成11年11月29日 (1999. 11. 29)

(71) 出願人 000153878

株式会社半導体エネルギー研究所

神奈川県厚木市長谷398番地

(72) 発明者 山崎 舜平

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半
導体エネルギー研究所内

(72) 発明者 荒井 康行

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半
導体エネルギー研究所内

(72) 発明者 田中 幸一郎

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半
導体エネルギー研究所内

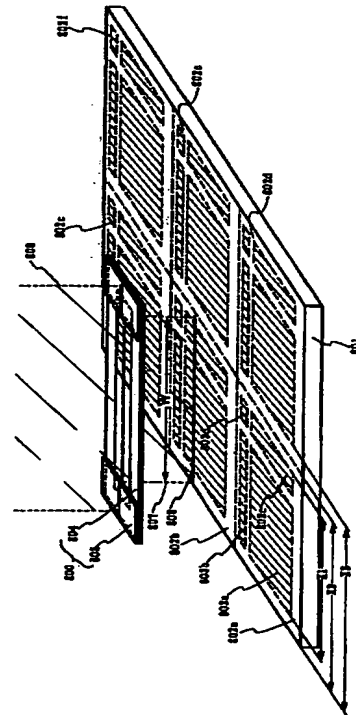
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザー装置及びレーザー光を用いた熱処理方法並びに半導体装置の作製方法

(57) 【要約】

【課題】 基板の大型化に対応したレーザー光を用いた半導体膜の熱処理の方法及びそれを行うための装置及びレーザー光を用いた半導体膜の熱処理の方法及びそのレーザー装置を提供することを目的とする。

【解決手段】 本発明のレーザー光を用いた半導体膜の熱処理方法は、光学系にて形成された第1の長さの線状レーザー光をスリット800で第2の長さの線状レーザー光に変換して基板801に照射する。スリットはベース804と可動板805が一体となつて構成されるものであり、可動板805によって線状レーザー光の長手方向の長さを規定する。可動板805はベース804に固定されていても良いが、ベース804上で可変させる機能を付加すると、可変範囲内において任意の長さに線状レーザー光の長手方向の長さを変化させることにより大型基板の熱処理に対応できる。



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 レーザー発振器と、

前記レーザー発振器から放射されるレーザー光を第 1 の長さの線状レーザー光に形成する少なくとも一つのレンズと、

前記第 1 の長さの線状レーザー光の長手方向をの長さを变化させ第 2 の長さの線状レーザー光を形成するスリットと、

前記第 2 の長さの線状レーザー光を被処理体に照射する処理室とを有することを特徴とするレーザー装置。

【請求項 2】 レーザー発振器と、

前記レーザー発振器から放射されるレーザー光を反射する階段状のミラーと、前記ミラーで反射したレーザー光を第 1 の長さの線状レーザー光に形成する少なくとも一つのレンズと、

前記第 1 の長さの線状レーザー光の長手方向をの長さを变化させ第 2 の長さの線状レーザー光を形成するスリットと、

前記第 2 の長さの線状レーザー光を被処理体に照射する処理室とを有することを特徴とするレーザー装置。

【請求項 3】 レーザー発振器と、

前記レーザー発振器から放射されるレーザー光を集光するマイクロレンズアレイと、

前記マイクロレンズアレイを通過したレーザー光を第 1 の形状の面から入射して第 2 の形状の面から放射する光伝導媒体と、

前記光伝導媒体を通過したレーザー光を第 1 の長さの線状レーザー光に形成する少なくとも一つのレンズと、

前記第 1 の長さの線状レーザー光の長手方向をの長さを变化させ第 2 の長さの線状レーザー光を形成するスリットと、

前記第 2 の長さの線状レーザー光を被処理体に照射する処理室とを有することを特徴とするレーザー装置。

【請求項 4】 レーザー発振器と、

前記レーザー発振器から放射されるレーザー光を基本波と高調波とに変換する波長変換器と、

前記基本波のレーザー光を第 1 の長さの線状レーザー光に形成する第 1 のレンズと、

前記高調波のレーザー光を第 2 の長さの線状レーザー光に形成する第 2 のレンズと、

前記第 1 の長さの線状レーザー光と前記第 2 の長さのレーザー光の長手方向の長さを变化させ第 3 の長さの線状レーザー光を形成するスリットと、

前記第 3 の長さの線状レーザー光を被処理体に照射する処理室とを有することを特徴とするレーザー装置。

【請求項 5】 レーザー発振器と、

前記レーザー発振器から放射されるレーザー光を第 1 の高調波と第 2 の高調波とに変換する波長変換器と、

前記第 1 の高調波のレーザー光を第 1 の長さの線状レーザー光に形成する第 1 のレンズと、

2

前記第 2 の高調波のレーザー光を第 2 の長さの線状レーザー光に形成する第 2 のレンズと、

前記第 1 の長さの線状レーザー光と前記第 2 の長さのレーザー光の長手方向の長さを变化させ第 3 の長さの線状レーザー光を形成するスリットと、

前記第 3 の長さの線状レーザー光を被処理体に照射する処理室とを有することを特徴とするレーザー装置。

【請求項 6】 請求項 3 において、光伝送媒体が光ファイバーアレイであることを特徴とするレーザー装置。

10 【請求項 7】 請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一において、前記レーザー発振器は Nd : YAG レーザー、Nd : YVO₄ レーザー、Nd : YAlO₃ レーザーから選ばれた一つであることを特徴とするレーザー装置。

【請求項 8】 レーザー発振器から放射されるレーザー光を少なくとも一つのレンズにより第 1 の長さの線状レーザー光に形成する段階と、

前記第 1 の長さの線状レーザー光の長手方向をの長さをスリットにより变化させ第 2 の長さの線状レーザー光を形成する段階と、

20 前記第 2 の長さの線状レーザー光を被処理体に照射する段階とを有することを特徴とする熱処理方法。

【請求項 9】 レーザー発振器から放射されるレーザー光を階段状のミラーで反射する段階と、

前記ミラーで反射したレーザー光を少なくとも一つのレンズにより第 1 の長さの線状レーザー光に形成する段階と、

前記第 1 の長さの線状レーザー光の長手方向をの長さをスリットにより变化させ第 2 の長さの線状レーザー光を形成する段階と、

30 前記第 2 の長さの線状レーザー光を被処理体に照射する段階とを有することを特徴とする熱処理方法。

【請求項 10】 レーザー発振器から放射されるレーザー光をマイクロレンズアレイで集光する段階と、

前記マイクロレンズアレイを通過したレーザー光を光伝導媒体の第 1 の形状の面から入射して第 2 の形状の面から放射する段階と、

前記光伝導媒体を通過したレーザー光を少なくとも一つのレンズにより第 1 の長さの線状レーザー光に形成する段階と、

40 前記第 1 の長さの線状レーザー光の長手方向をの長さをスリットにより变化させ第 2 の長さの線状レーザー光を形成する段階と、

前記第 2 の長さの線状レーザー光を被処理体に照射する段階とを有することを特徴とする熱処理方法。

【請求項 11】 レーザー発振器から放射されるレーザー光を波長変換器により基本波と高調波とに変換する段階と、

前記基本波のレーザー光を第 1 のレンズにより第 1 の長さの線状レーザー光に形成する段階と、

50 前記高調波のレーザー光を第 2 のレンズにより第 2 の長

さの線状レーザー光に形成する段階と、

前記第1の長さの線状レーザー光と前記第2の長さのレーザー光の長手方向の長さをスリットにより変化させ第3の長さの線状レーザー光を形成する段階と、
前記第3の長さの線状レーザー光を被処理体に照射する段階とを有することを特徴とする熱処理方法。

【請求項12】レーザー発振器から放射されるレーザー光を波長変換器により第1の高調波と第2の高調波とに変換する段階と、

前記第1の高調波のレーザー光を第1のレンズにより第1の長さの線状レーザー光に形成する段階と、

前記第2高調波のレーザー光を第2のレンズにより第2の長さの線状レーザー光に形成する段階と、

前記第1の長さの線状レーザー光と前記第2の長さのレーザー光の長手方向の長さをスリットにより変化させ第3の長さの線状レーザー光を形成する段階と、前記第3の長さの線状レーザー光を被処理体に照射する段階とを有することを特徴とする熱処理方法。

【請求項13】請求項8乃至請求項12のいずれかにおいて、前記レーザー発振器としてNd:YAGレーザー、Nd:YVO₄レーザー、Nd:YAIO₃レーザーから選ばれた一つを用いることを特徴とする熱処理方法。

【請求項14】基板上に半導体膜を形成する工程と、第1の長さの線状レーザー光の長手方向の長さをスリットにより短縮された第2の長さの線状レーザー光を前記半導体膜に照射する工程と、

前記第2の長さの線状レーザー光が照射された半導体膜を活性層とする薄膜トランジスタを形成する工程とを有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項15】基板上に半導体膜を形成する工程と、前記半導体膜を選択的にエッチングして島状半導体膜を形成する工程と、

前記島状半導体膜の一部に一導電型の不純物元素をドーピングして不純物領域を形成する工程と、

第1の長さの線状レーザー光の長手方向の長さをスリットにより短縮された第2の長さの線状レーザー光を少なくとも前記不純物領域に照射する工程と、

前記第2の長さの線状レーザー光が照射された不純物領域を用いて薄膜トランジスタを形成する工程とを有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項16】基板上に半導体膜を形成する工程と、第1の長さの線状レーザー光の長手方向の長さをスリットにより短縮された第2の長さの線状レーザー光を前記半導体膜に照射する工程と、

前記半導体膜を選択的にエッチングして島状半導体膜を形成する工程と、

前記島状半導体膜の一部に一導電型の不純物元素をドーピングして不純物領域を形成する工程と、

前記第1の長さの線状レーザー光の長手方向の長さをス

リットにより短縮された第2の長さの線状レーザー光を少なくとも前記不純物領域に照射する工程と、

前記第2の長さの線状レーザー光が照射された半導体膜と該半導体膜の一部に形成された不純物領域とから薄膜トランジスタを形成する工程とを有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項17】基板上に半導体膜を形成する工程と、レーザー発振器を一つとし、波長の異なる線状レーザー光(A)と線状レーザー光(B)の長手方向の長さをスリットにより短縮して前記半導体膜に同時に照射する工程と、

前記線状レーザー光(A)と線状レーザー光(B)が照射された半導体膜を活性層とする薄膜トランジスタを形成する工程とを有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項18】請求項17において、前記線状レーザー光(A)の波長は前記レーザー発振器から放射されるレーザー光の基本波であり、前記線状レーザー光(B)の波長は前記レーザー発振器から放射されるレーザー光の第2高調波または第3高調波であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項19】請求項17において、前記線状レーザー光(A)の波長は前記レーザー発振器から放射されるレーザー光の第2高調波であり、前記線状レーザー光

(B)の波長は前記レーザー発振器から放射されるレーザー光の第3高調波であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項20】請求項14乃至請求項16のいずれかにおいて、前記第2の長さの線状レーザー光の長手方向の一端が前記基板の内側にくるように照射することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項21】請求項17乃至請求項19のいずれかにおいて、前記線状レーザー光(A)と前記線状レーザー光(B)の長手方向の一端が前記基板の内側にくるように照射することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項22】請求項14乃至請求項21のいずれかにおいて、前記第1のレーザー光は、Nd:YAGレーザー発振器、Nd:YVO₄レーザー発振器、Nd:YAIO₃レーザー発振器から放射されたレーザー光の一つであることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はレーザー光を用いた半導体膜の熱処理の方法及びそれを行うための装置(レーザーと該レーザーから出力されるレーザー光を被処理物まで導くための光学系を含む)に関する。さらに、本発明はレーザー光を用いた半導体膜の熱処理を行って作製される半導体装置の作製方法に関する。尚、本明細書において半導体装置とは、液晶表示装置やエレクトロルミネッセンス(EL)材料を用いたEL表示装置等の電

気光学装置及び該電気光学装置を部品として含む電子装置を含むものとする。

【0002】

【従来の技術】近年、多結晶シリコン膜に代表される結晶質半導体膜を用いた薄膜トランジスタ（以下、TFTと記す）の開発が進められている。TFTは液晶表示装置やEL表示装置において、画素に設けるスイッチング素子や、その画素を制御するための駆動回路を形成する素子として用いられている。

【0003】多結晶シリコン膜を作製する方法は、非晶質シリコン膜（アモルファスシリコン膜）を結晶化させる技術が通常用いられている。特にレーザー光を用いて非晶質シリコン膜を結晶化させる方法が注目されている。本明細書中では、レーザー光を用いた熱処理方法の内、半導体膜をレーザー光で加熱して結晶化させ、結晶質半導体膜を得る方法をレーザー結晶化法という。

【0004】パルスレーザー光を用いたレーザー結晶化法は半導体膜を瞬間的に加熱して結晶化を行うものであり、ガラス基板やプラスチック基板等の耐熱性の低い基板に形成された半導体膜の結晶化方法として有効な技術である。また、従来の電熱炉を用いた加熱手段（以下、ファーンズアニールという）に比べて格段にスループットが高いことが特徴である。

【0005】レーザー発振器には様々な種類があるが、一般的にはパルス発振型のエキシマレーザーを発振源とするレーザー光（以下、エキシマレーザー光という）を用いたレーザー結晶化法が用いられている。エキシマレーザーは出力が大きく、シリコン膜に対しての吸収係数が高いという利点を有する。しかし、発振器が大型であり、供給するガスの精製や放電電極のメンテナンス等が必要であり、装置の維持管理には多少の労力を有する。

【0006】一方、固体レーザーであるYAGレーザーをレーザー結晶化の技術に適用することも検討されている。YAGレーザーは基本波の波長が1064nmであり、その高調波を利用することもできる。特に、半導体レーザーで励起するYAGレーザーは10kHzでも発振可能であり、このような高い周波数で繰り返し照射が可能であるという利点を有している。

【0007】ところで、液晶表示装置やEL表示装置は、通常ガラスを基板として用いて作製されている。画素や駆動回路を形成するためのTFTはガラス基板上の広い面積に渡って形成する必要があるため、レーザー結晶化を行う際には生産性を向上させるため、広い面積を短時間で処理する方法が要求されている。現在では、レーザーから出力された光を光学系にて幅100～500μm程度の線状のレーザー光に変換して半導体膜に照射する方法が適用されている。そして、この線状レーザー光を一方向に走査させて基板の全面を処理する方法が適用されている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】液晶表示装置やEL表示装置の画面サイズの大型化に対応し、かつ多数の表示装置を効率良く生産するために、ガラス基板を大型化して1枚の基板から複数の表示装置用基板を切り出す方法が用いられている。例えば、画面サイズが8～10インチの表示装置を作製する場合には300×400mmのガラス基板を用いると2つの表示装置用基板を切り出すことができる。今後、画面サイズの大型化と切り出す基板枚数の増加を考慮して、一辺が900mm以上のガラス基板の大型化も検討されている。

【0009】しかし、レーザー結晶化法に代表されるレーザー光を用いた熱処理方法を用いる場合において、ガラス基板の大型化に対応して基板上に形成した半導体膜に照射する線状レーザー光を長尺化させると、その光学系は大型のレンズが必要になり、レーザー装置が大規模なものとなってしまう。そのために装置の製造コストは増大し、また、それに対応して大出力のレーザー発振器が必要となってくる。

【0010】本願発明は、このような問題点を解決するための手段であり、基板の大型化に対応したレーザー光を用いた半導体膜の熱処理の方法及びそれを行うための装置及びレーザー光を用いた半導体膜の熱処理の方法及びそれを行うためのレーザー装置（レーザーと該レーザーから出力されるレーザー光を被処理物まで導くための光学系を含む）に関する。さらに、本発明はレーザー光を用いた半導体膜の熱処理を行って作製される半導体装置の作製方法を提供することを課題とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明は、レーザー光を用いた半導体膜の熱処理において、光学系で線状に加工したレーザー光の長手方向に、その長さを調節するためのスリットを設け、線状レーザー光の長さを適時変化させることを特徴とする。レーザー光を線状に加工するとは、被処理体にレーザー光が照射された際の照射面の形状が線状になるようにレーザー光を加工しておくことを意味する。即ち、レーザー光の断面形状を線状に加工することを意味する。また、ここでいう線状は、厳密な意味で線を意味しているのではなく、アスペクト比の大きい長方形（もしくは長楕円形）を意味する。例えば、アスペクト比が10以上（好ましくは100～10000）のものを指す。

【0012】本発明の構成を図1を用いて説明する。基板801は、その寸法に規定はないが、1枚の基板から複数のパネルを取り出すことを前提としたものである。図1では基板801を6分割して、TFTを用いて形成する画素部とその駆動回路を一つのユニットとする表示装置を形成する基板802a～802fを取り出す例を示している。図1において、表示装置を形成する基板802aには画素部803a、駆動回路803b、803c及びその他の信号処理回路803dが点線で示す部分

に形成されることを示している(802b~802fも同様なものとする)。尚、1枚の基板から切り出す数に特に限定はなく、画素部や駆動回路の構成と配置も適宜決定されるものである。

【0013】本発明のレーザー光を用いた半導体膜の熱処理方法は、光学系にて形成された第1の長さの線状レーザー光をスリット800で第2の長さの線状レーザー光に変換して基板801に照射する。スリットはベース804と可動板805が一体となつて構成されるものであり、可動板805によって線状レーザー光の長手方向の長さを規定する。可動板805はベース804に固定されていても良いが、ベース804上で可変させる機能を付加すると、可変範囲内において任意の長さに線状レーザー光の長手方向の長さを変化させることができる。

【0014】このようにして、基板801には第2の長さの線状レーザー光807による被照射領域808が形成される。図1では、被照射領域808の長手方向の長さをWとし、表示装置を形成する基板802aの画素部803aと、駆動回路803b、803c及びその他の信号処理回路803dが形成される領域の長さをX1とし、表示装置を形成する基板802aの一方向の長さをX2とし、表示装置を形成する基板802aの一端から隣接する表示装置を形成する基板802dの画素部、駆動回路及びその他の信号処理回路が形成される領域までの長さをX3として表している。本発明の構成において、適したWの値は、X1よりも大きくかつX3よりも小さく、X2にほぼ等しいものとするのが好ましい。

【0015】このようなWの長さを有する線状レーザー光を、その長手方向と交差する方向に基板801を相対的に移動させることにより基板801上の表示装置を形成する基板802a~802fにレーザー光を用いた半導体膜の熱処理(ここでは、レーザー結晶化)を行うことを可能にしている。

【0016】被照射領域808(即ち、第2の長さの線状レーザー光807)の長さは特に規定されるものでなく、図1のように表示装置を形成する領域の一辺の長さに概略一致するように形成しても良いし、その他に画素部803a、駆動回路803b、803cの寸法に対応した長さとしても良い。

【0017】また、本発明においてレーザー光を用いた半導体膜の熱処理とは、レーザー光を照射して半導体膜を加熱する処理全般を指し、半導体膜をレーザー光で加熱して結晶化させ、結晶質半導体膜を得るレーザー結晶化法や、該半導体膜の原子の再配列を目的とする処理や、該半導体膜に添加された一導電型の不純物を活性化させる処理を含むものとする。

【0018】従って、本発明のレーザー装置は、レーザー発振器と、前記レーザー発振器から放射されるレーザー光を第1の長さの線状レーザー光に形成する少なくとも一つのレンズと、前記第1の長さの線状レーザー光の

長手方向をの長さを変化させ第2の長さの線状レーザー光を形成するスリットと、前記第2の長さの線状レーザー光を被処理体に照射する処理室とを有することを特徴としている。

【0019】また他の構成は、レーザー発振器と、前記レーザー発振器から放射されるレーザー光を反射する階段状のミラーと、前記ミラーで反射したレーザー光を第1の長さの線状レーザー光に形成する少なくとも一つのレンズと、前記第1の長さの線状レーザー光の長手方向をの長さを変化させ第2の長さの線状レーザー光を形成するスリットと、前記第2の長さの線状レーザー光を被処理体に照射する処理室とを有することを特徴としている。

【0020】また他の構成は、レーザー発振器と、前記レーザー発振器から放射されるレーザー光を集光するマイクロレンズアレイと、前記マイクロレンズアレイを通過したレーザー光を第1の形状の面から入射して第2の形状の面から放射する光伝導媒体と、前記光伝導媒体を通過したレーザー光を第1の長さの線状レーザー光に形成する少なくとも一つのレンズと、前記第1の長さの線状レーザー光の長手方向をの長さを変化させ第2の長さの線状レーザー光を形成するスリットと、前記第2の長さの線状レーザー光を被処理体に照射する処理室とを有することを特徴としている。光伝送媒体には光ファイバアレイを用いることができる。

【0021】また他の構成は、レーザー発振器と、前記レーザー発振器から放射されるレーザー光を基本波と高調波とに変換する波長変換器と、前記基本波のレーザー光を第1の長さの線状レーザー光に形成する第1のレンズと、前記高調波のレーザー光を第2の長さの線状レーザー光に形成する第2のレンズと、前記第1の長さの線状レーザー光と前記第2の長さのレーザー光の長手方向の長さを変化させ第3の長さの線状レーザー光を形成するスリットと、前記第3の長さの線状レーザー光を被処理体に照射する処理室とを有することを特徴としている。

【0022】また他の構成は、レーザー発振器と、前記レーザー発振器から放射されるレーザー光を第1の高調波と第2の高調波とに変換する波長変換器と、前記第1の高調波のレーザー光を第1の長さの線状レーザー光に形成する第1のレンズと、前記第2の高調波のレーザー光を第2の長さの線状レーザー光に形成する第2のレンズと、前記第1の長さの線状レーザー光と前記第2の長さのレーザー光の長手方向の長さを変化させ第3の長さの線状レーザー光を形成するスリットと、前記第3の長さの線状レーザー光を被処理体に照射する処理室とを有することを特徴としている。

【0023】本発明において、レーザーには一般的に知られているものを用いることができ、YAGレーザー(通常はNd:YAGレーザーを指す)、Nd:YVO

、レーザー、Nd : Y A I O₂ レーザー、ルビーレーザー、T i : サファイアレーザー、ガラスレーザーなどを用いることができる。特に、コヒーレント性やパルスエネルギーで優位な Y A G レーザーが好ましい。但し、Y A G レーザーの基本波（第 1 高調波）は 1 0 6 4 n m と波長が長いので、第 3 高調波（波長 3 5 5 n m）若しくは第 4 高調波（波長 2 6 6 n m）を用いるのが好ましい。場合によっては第 2 高調波（波長 5 3 2 n m）を用いても良い。これらの高調波は非線形結晶を用いて得ることができる。

【0024】第 1 高調波は非線形素子を含む波長変調器によって、第 2 高調波、第 3 高調波または第 4 高調波に変調することができる。各高調波の形成は公知の技術に従えば良い。また、本明細書中において、「固体レーザーを発振源とするレーザー光」には第 1 高調波だけでなく、途中で波長を変調した第 2 高調波、第 3 高調波及び第 4 高調波を含むものとする。また、Y A G レーザーで良く用いられる Q スイッチ法（Q 変調スイッチ方式）を用いても良い。これはレーザー共振器の Q 値を十分低くしておいた状態から、急激に Q 値を高めてやることにより非常にエネルギー値が高く急峻なパルスレーザーを出力する方法である。これは公知の技術である。

【0025】このようなレーザー装置を用いる本発明のレーザー光を用いた熱処理方法は、レーザー発振器から放射されるレーザー光を少なくとも一つのレンズにより第 1 の長さの線状レーザー光に形成する段階と、前記第 1 の長さの線状レーザー光の長手方向をの長さをスリットにより変化させ第 2 の長さの線状レーザー光を形成する段階と、前記第 2 の長さの線状レーザー光を被処理体に照射する段階とを有することを特徴としている。前記レーザー発振器と前記レンズとの間に、前記レーザー光を階段状のミラーで反射する段階を付加しても良い。

【0026】また、他の発明の構成はレーザー発振器から放射されるレーザー光をマイクロレンズアレイで集光する段階と、前記マイクロレンズアレイを通過したレーザー光を光伝導媒体の第 1 の形状の面から入射して第 2 の形状の面から放射する段階と、前記光伝導媒体を通過したレーザー光を少なくとも一つのレンズにより第 1 の長さの線状レーザー光に形成する段階と、前記第 1 の長さの線状レーザー光の長手方向をの長さをスリットにより変化させ第 2 の長さの線状レーザー光を形成する段階と、前記第 2 の長さの線状レーザー光を被処理体に照射する段階とを有することを特徴としている。

【0027】また他の発明の構成は、レーザー発振器から放射されるレーザー光を波長変換器により第 1 の波長と第 2 の波長に変換する段階と、前記第 1 の波長のレーザー光を第 1 のレンズにより第 1 の長さの線状レーザー光に形成する段階と、前記第 2 の波長のレーザー光を第 2 のレンズにより第 2 の長さの線状レーザー光に形成する段階と、前記第 1 の長さの線状レーザー光と前記第 2

の長さのレーザー光の長手方向の長さをスリットにより変化させ第 3 の長さの線状レーザー光を形成する段階と、前記第 3 の長さの線状レーザー光を被処理体に照射する段階とを有することを特徴としている。第 1 の波長のレーザー光と第 2 の波長のレーザー光とは任意の波長の組み合わせで良いが、その光源となるレーザー発振器は一つのものとする。従って、第 1 の波長と第 2 の波長の組み合わせは、基本波とその第 2 高調波、第 3 高調波から選ばれた 2 つの波長の組み合わせとすることができ

る。

【0028】本発明の半導体装置の作製方法は、基板上に半導体膜を形成する工程と、第 1 の長さの線状レーザー光の長手方向の長さをスリットにより短縮された第 2 の長さの線状レーザー光を前記半導体膜に照射する工程と、前記第 2 の長さの線状レーザー光が照射された半導体膜を活性層とする薄膜トランジスタを形成する工程とを有することを特徴としている。

【0029】また、他の発明の構成は、基板上に半導体膜を形成する工程と、前記半導体膜を選択的にエッチングして島状半導体膜を形成する工程と、前記島状半導体膜の一部に一導電型の不純物元素をドーピングして不純物領域を形成する工程と、第 1 の長さの線状レーザー光の長手方向の長さをスリットにより短縮された第 2 の長さの線状レーザー光を少なくとも前記不純物領域に照射する工程と、前記第 2 の長さの線状レーザー光が照射された不純物領域を用いて薄膜トランジスタを形成する工程とを有することを特徴としている。

【0030】また、他の発明の構成は、基板上に半導体膜を形成する工程と、第 1 の長さの線状レーザー光の長手方向の長さをスリットにより短縮された第 2 の長さの線状レーザー光を前記半導体膜に照射する工程と、前記半導体膜を選択的にエッチングして島状半導体膜を形成する工程と、前記島状半導体膜の一部に一導電型の不純物元素をドーピングして不純物領域を形成する工程と、前記第 1 の長さの線状レーザー光の長手方向の長さをスリットにより短縮された第 2 の長さの線状レーザー光を少なくとも前記不純物領域に照射する工程と、前記第 2 の長さの線状レーザー光が照射された半導体膜と該半導体膜の一部に形成された不純物領域とから薄膜トランジスタを形成する工程とを有することを特徴としている。

【0031】また、他の発明の構成は、基板上に半導体膜を形成する工程と、レーザー発振器を一つとし、波長の異なる線状レーザー光（A）と線状レーザー光（B）の長手方向の長さをスリットにより短縮して前記半導体膜に同時に照射する工程と、前記線状レーザー光（A）と線状レーザー光（B）が照射された半導体膜を活性層とする薄膜トランジスタを形成する工程とを有することを特徴としている。

【0032】

【発明の実施の形態】 [実施形態 1] 本願発明の実施形態

の一つについて説明する。図2は本願発明のレーザーを含むレーザー装置の構成を示す図である。このレーザー装置は、レーザー発振器811、レーザー発振器811を発振源とするレーザー光（好ましくは第3高調波または第4高調波）を線状に加工する光学系810、基板813を固定し移動させるステージ812を有した構成を示している。光学系810にて線状に形成されたレーザー光814は、ステージ812上の基板813に照射する。

【0033】レーザー発振器811は、好適にはNd:YAGレーザーを用いる。Nd:YAGレーザーはランブ励起のものでも良いが、より高出力で高い発振周波数を実現するために半導体レーザー励起のものをを用いると良い。尚、レーザー発振器811から出力されたレーザー光を第2～第4高調波のいずれかに変調する場合は、レーザー発振器811の直後に非線形素子を含む波長変調器を設ければ良い。

【0034】次に、図2のような構成のレーザー装置において、基板813を取り扱う装置の一例を図3を用いて説明する。ステージ812に保持された基板813は、処理室(A)818に設置され、図2で示したレーザー発振器811を発振源とする線状のレーザー光が照射される。反応室内は図示されていない排気系またはガス系により減圧状態または不活性ガス雰囲気とすることができ、半導体膜を汚染させることなく100～450℃まで加熱することができる加熱手段がステージ825には設けられている。尚、ステージ825は図2で示すステージ812に対応するものである。

【0035】また、ステージ825はガイドレール821に沿って反応室内を移動することができ、基板の全面に線状のレーザー光を照射することができる。レーザー光は基板826の上面に設けられた図示されていない石英製の窓から入射する。また、図3ではこの反応室818が仕切弁824を介してトランスファー室815と接続されている。トランスファー室815にはその他に仕切弁822を介してロード・アンロード室817、仕切弁823を介して被膜を形成する処理室(B)816が接続している。

【0036】ロード・アンロード室817には複数の基板を保持することが可能なカセット819が設置され、トランスファー室815に設けられた搬送手段820により基板を搬送する構成となっている。基板827'は搬送中の基板を表す。処理室(B)816はプラズマCVD法やスパッタ法などで半導体膜を形成するためのもので、基板加熱手段828、グロー放電発生手段829の他に図示していないガス供給手段が設けられている。

【0037】図3では図示していないが、排気手段とガス供給手段をトランスファー室815、処理室(A)815、処理室(B)816、ロード・アンロード室817に設けた構成とすることにより、半導体膜の形成とレ

ーザー光を用いた半導体膜の熱処理とを減圧下または不活性ガス雰囲気中で連続して処理することができる。

【0038】レーザー光を線状にする光学系810の構成について図4を用いて説明する。図4(A)は光学系810を側面から見た図であり、図4(B)は光学系810を上面から見た図である。

【0039】レーザー発振器301は図2で示したレーザー発振器811と同様なものとし、ここから出力されるレーザー光はシリンドリカルレンズアレイ302により縦方向に分割される。この分割されたレーザー光はシリンドリカルレンズ303によりさらに横方向に分割される。即ち、レーザー光はシリンドリカルレンズアレイ302、303によって最終的にはマトリクス状に分割されることになる。

【0040】そして、レーザー光はシリンドリカルレンズ304により一旦集光される。その際、シリンドリカルレンズ304の直後にシリンドリカルレンズ305を通る。その後、ミラー307で反射され、シリンドリカルレンズ308を通った後、スリット309を通過して照射面310に達する。

【0041】このとき、照射面310に投影されたレーザー光は線状の照射面を示す。即ち、シリンドリカルレンズ308を透過したレーザー光の断面形状は線状になっていることを意味する。スリット309は図1で説明したように、線状のレーザー光の長手方向の長さを調節するためのものである。この線状に加工されたレーザー光の幅方向（短い方向）の均質化は、シリンドリカルレンズアレイ302、シリンドリカルレンズ304及びシリンドリカルレンズ308で行われる。また、上記レーザー光の長さ方向（長い方向）の均質化は、シリンドリカルレンズアレイ303及びシリンドリカルレンズ305で行われる。

【0042】光学系810を構成する各レンズは、レーザー光の波長に合わせて透過率が高まるように適当なコーティングをする。そのことよりエネルギー効率が高くなるので好ましく、レンズの寿命を延ばすこともできる。

【0043】[実施形態2]図2で示すレーザー光を線状にする光学系810の他の構成について図5を用いて説明する。図5(A)は光学系810を側面から見た図であり、図5(B)は光学系810を上面から見た図である。

【0044】図5では、レーザー発振器501から放射されたレーザー光はミラー502で進行方向を変更し、ビームエキスパンダー503で、レーザー光の形状を変換する。ビームエキスパンダー503は、シリンドリカルレンズ514と515の組み合わせで構成する。ビームエキスパンダー503を通過したレーザー光は、階段状のミラー504で反射し、シリンドリカルレンズアレイ505に入射する。このとき、隣り合う2つのシリンド

リカルレンズに対し光路差 d をもって入射する。前記光路差 d はレーザ発振器501のコヒーレント長以上の長さをとる。例えば、YAGレーザ発振器のコヒーレント長は、1cm程度であるから、光路差 d を1cmとすれば照射面511で干渉を抑えることができる。

【0045】光路差 d の調整は、階段状のミラー504の階段の高さを調整すればよい。例えば、階段状のミラー504の階段の段数は5段とし、各段の幅を14mm、格段の高さを7mmとする。前記階段状のミラーに対し平行光線を入射させたときの各段にできる陰の幅が7mmになるような方向から、レーザ光を前記階段状のミラーに入射させると、階段の各段から反射されるレーザ光は、シリンドリカルアレイレンズ505を形成する隣り合う2つのシリンドリカルレンズに光路差1cmで入射させることができる。階段状のミラー504の階段の各段から反射されるレーザ光は、それぞれ幅5mmのレーザ光となって、シリンドリカルアレイレンズ505を形成するシリンドリカルレンズ1つ1つに入射する。階段状のミラーの形状から、シリンドリカルアレイレンズ505の幅が決定され、シリンドリカルアレイレンズ505を形成するそれぞれのシリンドリカルレンズの幅は、この場合15mmとなる。

【0046】階段状のミラーで反射したレーザ光は、シリンドリカルレンズアレイ505は、平凸レンズであり凸の曲面は球面である。レーザ光はその球面側から入射する。図5(B)で示すようにシリンドリカルレンズアレイ505は、レーザ光を横方向に分割する役割を果たす。分割されたレーザ光は、シリンドリカルレンズ506に入射する。シリンドリカルレンズ506は横方向に分割されたレーザ光を照射面611にて一つにする役割を果たす。これにより、線状レーザ光の長手方向の均一化がなされ、線状レーザ光の長さが決定される。

【0047】次に、図5(A)を用い縦方向に作用する光学系の構成について述べる。シリンドリカルレンズアレイ506を出たレーザ光は、シリンドリカルレンズ506と離れたところで、シリンドリカルレンズアレイ507aに入射する。このシリンドリカルレンズアレイ507aにより、レーザ光は縦方向に分割される。シリンドリカルレンズアレイ507aを出たレーザ光は、シリンドリカルレンズアレイ507aと離れたところで、シリンドリカルレンズアレイ507bに入射する。シリンドリカルレンズアレイ507aにより分割されたレーザ光は、シリンドリカルレンズ508に入射する。シリンドリカルレンズ508のレーザ光の入射面は、平凸レンズの平面側とする。シリンドリカルレンズ508により、一旦レーザ光は同一面に1つにまとめられる。前記同一面は、シリンドリカルレンズ508の焦点の位置にある。前記同一面は光路の途中にあるので、再びレーザ光は分離する。

【0048】シリンドリカルレンズ508を出たレーザ光は、シリンドリカルレンズ508と離れたところで、シリンドリカルレンズ509に入射する。シリンドリカルレンズ509はダブレットシリンドリカルレンズを用いても良い。レンズ配置の関係で、シリンドリカルレンズ508とダブレットシリンドリカルレンズ509の間にミラー513を入れても良い。これにより、レーザ光の進行方向を下方に変更することができる。ダブレットシリンドリカルレンズ509により、縦方向に分割されたレーザ光は照射面511にて1つにされる。これにより、線状レーザ光の幅方向の均一化がなされる。また、線状レーザ光の幅の長さが決定される。

【0049】線状レーザ光の線方向におけるエネルギー分布が $\pm 5\%$ 以内であると半導体膜に対し均質な熱処理を行うことができる。好ましくは、 $\pm 3\%$ 以内、より好ましくは、 $\pm 1\%$ 以内にするより均質な熱処理が行える。エネルギー分布を均一するためには精密なレンズのアライメントが必要となる。

【0050】[実施形態3]実施形態1または実施形態2では、図2で示す光学系810を複数のレンズにより線状レーザ光を形成する方法について示したが、本実施形態では他の光学系の構成について示す。図6(A)は光学系810を側面から見た図であり、図6(B)は光学系810を上面から見た図である。

【0051】図6においてレーザ発振器401は実施形態1で説明したレーザ発振器811と同様なものとする。レーザ発振器401から放射したレーザ光はYAGレーザの基本波若しくは第2高調波が好ましく、マイクロレンズアレイ402を介して光伝送媒体403に入射する。光伝送媒体403の光入射側には反射防止体404が設けられている。

【0052】光伝送媒体403の光入射側と光放射側のそれぞれの面積または形状、或いは面積と形状は異なったものとする。例えば、光入射側の形状を円形または楕円系とし、光放射側の形状を矩形または長方形とする。また、その面積比(光入射側:光放射側)を1:1~1:100程度とする。光伝送媒体403をこのような構成とすることで、光放射側から放射されるレーザ光の形状を矩形または長方形とすることができる。

【0053】光伝送媒体403の一例を図7に示す。図7(A)で示すのは光伝送媒体を複数の光ファイバーから成る光ファイバーアレイ701で形成する例であり、光入射側を円形とし、光放射側を矩形で形成し、光入射側に対し光放射側の面積が大きくなるようにしてある。そのために、光ファイバーアレイ701を形成する各光ファイバー704の断面積は光入射側から徐々に大きくなるように形成されている。このような構成の場合、光入射側と光放射側の面積比を1:100程度までとすることができる。一方図7(B)は、光ファイバーアレイ705の光入射側と光放射側の面積比を1:1として、

光入射側706を円形とし、光放射側707を短辺と長辺の長さ比で1:10~1:1000の長方形とする例である。光ファイバーアレイ705を形成する各光ファイバー708の断面積は同一なものとする。勿論、図7(A)のように断面積が変化させる構成としても良い。

【0054】光伝送媒体403でビーム形状が変わったレーザー光はシリンドリカルレンズ406で集光され、照射面408で線状レーザー光となる。シリンドリカルレンズ406と、照射面408との間には図1で示したものと同一構成のスリット407が設けられ、線状レーザー光の長手方向の長さを所定のものとしている。このように、光伝送媒体403を用いることで図4や図5で示したシリンドリカルレンズアレイを省略して廉価な光学系を構成することができる。

【0055】[実施形態4]本実施形態では、光学系810を図8で示すようにレーザー発振器601から放射されたレーザー光を光学系の途中で基本波と第2高調波、または第2高調波と第3高調波に分光した二系統のレーザー光をそれぞれ線状レーザー光とし、照射面614で重ねて照射する例を示す。

【0056】図8は本実施形態に用いるレーザー装置の光学系を側面から見た図である。Nd:YAGレーザー601を光源とするレーザー光は、波長変換器602によって基本波と第2高調波または、第2高調波と第3高調波に変換され、それぞれの波長のレーザー光がハーフミラー603に向けて照射する。ハーフミラー603では一方のレーザー光が透過し、他方のレーザー光が反射するようなミラーを用いる。

【0057】まず、ハーフミラー603を透過したレーザー光は、シリンドリカルレンズ605、607、609により線状レーザー光612を形成する。また、ハーフミラー603で反射したレーザー光は、ミラー604、シリンドリカルレンズ606、608、610により線状レーザー光613を形成する。

【0058】線状レーザー光612と613は、照射面614で重ね合わされ同一の領域を照射するものとする。シリンドリカルレンズ609、610と照射面614との間には図1で示したものと同一構成のスリット611が設けられ、線状レーザー光の長手方向の長さを所定のものとしている。

【0059】このように照射面614に照射する線状レーザー光の波長を異なるものとするにより半導体膜の光吸収特性の違いを利用して、一方の線状レーザー光は半導体膜を透過させて主として基板を加熱し、他方の線状レーザー光は半導体膜で吸収させて半導体膜の加熱に利用するといった熱処理を行うことができる。

【0060】[実施形態5]図5は本発明のレーザー光を用いた半導体膜の熱処理の一例を示す図である。図5

(A)において、基板1001にはバリウムホウケイ酸ガラスやアルミノホウケイ酸ガラスなどの無アルカリガ

ラス基板を用いる。例えば、コーニング社の#7059ガラスや#1737ガラスなどを好適に用いることができる。その他に、石英基板やポリエチレンテレフタレート(PET)、ポリエチレンナフタレート(PEN)、ポリエーテルサルホン(PES)など光学的異方性を有しないプラスチック基板を用いることもできる。基板501の島状半導体膜を形成する側の表面には、基板1001からのアルカリ金属元素などの不純物拡散を防ぐために、酸化シリコン膜、窒化シリコン膜または酸化窒化シリコン(SiO_xN_y)膜などの珪素を含む絶縁膜1002が100~300nmの厚さで形成されている。この絶縁膜1002は前記珪素を含む膜の一層で形成しても良いし、複数の膜を積層させて形成しても良い。例えば、プラズマCVD法で SiH_4 、 NH_3 、 N_2O から作製される酸化窒化シリコン膜を用いる。

【0061】絶縁膜1002上には、25~80nm(好ましくは30~60nm)の厚さで非晶質構造を有する非晶質半導体膜1003を、プラズマCVD法やスパッタ法などの公知の方法で形成する。例えば、プラズマCVD法で非晶質シリコン膜を55nmの厚さに形成する。非晶質構造を有する半導体膜には、非晶質半導体膜や微結晶半導体膜があり、非晶質シリコンゲルマニウム膜などの非晶質構造を有する化合物半導体膜を適用しても良い。

【0062】次に、図5(B)に示すように、実施形態1~3で示したレーザー光を用いた半導体膜の熱処理方法のいずれか一つを適用して結晶化を行う。レーザー結晶化に用いる装置の構成は、図2~図7で説明したものと同様なものを適用する。結晶化のためにはまず、非晶質半導体膜が含有する水素を放出させておくことが望ましく、400~500℃で1時間程度の熱処理を行い含有する水素量を5atom%以下にしておくことと良い。

【0063】レーザー結晶化の条件は実施者が適宜選択するものであるが、例えば、Nd:YAGレーザーのパルス発振周波数を10kHzとし、レーザーエネルギー密度を200~500mJ/cm²(代表的には300~450mJ/cm²)として、線状レーザー光をその長手方向に対し垂直な方向に走査して(或いは、相対的に基板を移動させて)非晶質半導体膜を結晶化させる。線状レーザー光の線幅は100~1000μm、例えば400μmの線状レーザー光1005を照射する。基板1001上には図1で説明したものと同様な構成のスリット1004が設けられ、線状レーザー光の長手方向の長さを調節している。このようなスリット1004を設けることにより非晶質半導体膜1003の一部のみを結晶化させることもできる。

【0064】このような線状ビームを用い、同じ場所を複数回照射する。或いは、線状ビームを走査しながら複数回照射する。この時の線状ビームの重ね合わせ率(オーバーラップ率)を90~99%として行うと良い。実

際には照射パルス数を10～40パルスとすると良い。重ね合わせ率を高くして同一の領域を繰り返し照射することにより、非晶質半導体膜の結晶性を高めることに効果がある。通常、重ね合わせ率を高くすると処理時間が長くなり、スループットが低下する。しかし、半導体レーザー励起のYAGレーザー発振器を用いると発振周波数を本実施形態のように高めることができるので、スループットを悪くすることはない。このようにして、結晶質半導体膜1006が形成される。

【0065】また、図10は実施形態4で示す方法に従うものであり、YAGレーザーの基本波、第2高調波、第3高調波から選ばれた2つの波長をスリット1004を通して照射し、結晶質半導体膜1009を形成する例である。

【0066】例えば、線状レーザー光1007を基本波(波長1064nm)とし、線状レーザー光1008を第2高調波(波長532nm)とする。非晶質半導体膜1003が非晶質シリコン膜である場合には、線状レーザー光1007は非晶質シリコン膜を透過して基板1101に達し、その照射領域の基板1001から非晶質シリコン膜を加熱させ非晶質シリコン膜の結晶化を助長する効果がある。一方、線状レーザー光1008は非晶質シリコン膜で一部が吸収され熱に変換され、結晶化に直接的に寄与する。線状レーザー光1008のレーザーエネルギー密度を300mJ/cm²以上とすると、非晶質シリコン膜を溶融させることが可能であり、結晶化を容易に成し遂げることができる。

【0067】[実施形態6]本実施形態では特開平7-130652号公報で開示されている触媒元素を用いる結晶化法を適用して、結晶質半導体膜を形成する他の実施形態について図11を用いて説明する。

【0068】図11(A)で示すように、実施形態5と同様にして、ガラス基板1101上に下地膜1102a、1102b、非晶質構造を有する半導体膜1103を25～80nmの厚さで形成する。非晶質半導体膜は非晶質シリコン(a-Si)膜、非晶質シリコン・ゲルマニウム(a-SiGe)膜、非晶質炭化シリコン(a-SiC)膜、非晶質シリコン・スズ(a-SiSn)膜などが適用できる。これらの非晶質半導体膜は水素を0.1～40atomic%程度含有するようにして形成すると良い。例えば、非晶質シリコン膜を55nmの厚さで形成する。そして、重量換算で10ppmの触媒元素を含む水溶液をスピナーで基板を回転させて塗布するスピコート法で触媒元素を含有する層1104を形成する。触媒元素にはニッケル(Ni)、ゲルマニウム(Ge)、鉄(Fe)、パラジウム(Pd)、スズ(Sn)、鉛(Pb)、コバルト(Co)、白金(Pt)、銅(Cu)、金(Au)などである。この触媒元素を含有する層1104は、スピコート法の他に印刷法やスプレー法、バーコーター法、或いはスパッタ法や真空蒸

着法によって上記触媒元素の層を1～5nmの厚さに形成しても良い。

【0069】そして、図11(B)に示す結晶化の工程では、まず400～500℃で1時間程度の熱処理を行い、非晶質シリコン膜の含有水素量を5atom%以下にする。非晶質シリコン膜の含有水素量が成膜後において最初からこの値である場合にはこの熱処理は必ずしも必要でない。そして、ファーネスアニール炉を用い、窒素雰囲気中で550～600℃で1～8時間の熱結晶化を行う。以上の工程により結晶質シリコン膜から成る結晶質半導体膜1105を得ることができる(図11(B))。

【0070】しかし、この熱結晶化によって作製された結晶質半導体膜1105は、光学顕微鏡観察により巨視的に観察すると局所的に非晶質領域が残存していることが観察されることがあり、このような場合、同様にラマン分光法では480cm⁻¹にブロードなピークを持つ非晶質成分が観測される。そのため、熱アニールの後に実施形態5で説明したように、実施形態1～4で示したレーザー光を用いた半導体膜の熱処理方法のいずれか一つを用いて結晶質半導体膜1105に線状レーザー光を照射して、その結晶性を高めることは有効な手段として適用できる。

【0071】図11(C)はその様子を示すものであり、例えば、Nd:YAGレーザーのパルス発振周波数を1～10kHzとし、レーザーエネルギー密度を100～500mJ/cm²(代表的には100～400mJ/cm²)として、線状レーザー光1107をその長手方向に対し垂直な方向に走査して(或いは、相対的に基板を移動させて)する。線状レーザー光1107の線幅は100～1000μm、例えば400μmとする。このときスリット1106が設けられ、線状レーザー光の長手方向の長さを調節している。

【0072】このようにして熱結晶化と本発明のレーザー光を用いた熱処理方法を用いることにより、結晶性の高い結晶質半導体膜を形成することができる。また、スリット1106により線状レーザー光1107の長手方向の長さを調節することにより、線状レーザー光の長手方向の長さよりも少なくとも一辺の長さが長い基板に対する線状レーザー光の照射を容易なものとする。

【0073】[実施形態7]図12は本発明のレーザー光を用いた半導体膜の熱処理方法を、一導電型の不純物元素がドーピングされた半導体膜の活性化処理に適用する例を示す。

【0074】図12(A)は基板1301、第1の絶縁膜1302、島状半導体膜1303、第2の絶縁膜1304が形成されている様子を示す。島状半導体膜1303は実施形態5または6で作製される結晶質半導体膜から作製されたものであることが望ましい。一導電型の不純物元素1307のドーピングは前記不純物元素をイオ

ン化し電界で加速して半導体膜に注入するイオンドープ法やイオン注入法で行う。このとき第2の絶縁膜上にマスク1306を形成しておくとして島状半導体膜1303に不純物領域1308を選択的に形成することができる。マスク1306はレジスト、導電性膜、絶縁膜のいずれであっても良く、下層にある島状半導体膜1303に対してイオン化した前記不純物元素を遮蔽する効果があれば良い。

【0075】図12(A)でドーピングした一導電型の不純物元素は、そのままでは殆どドナーまたはアクセプタとして機能しないので、通常活性化の処理を行う。この処理はファーネスアニール炉を用いる熱アニール法で行うこともできるが、その他に、本発明のレーザー光を用いた半導体膜の熱処理方法を用いると好適である。

【0076】図12(B)は実施形態4で示す熱処理法を用いた例であり、YAGレーザーの基本波、第2高調波、第3高調波から選ばれた2つの波長をスリット1309を通して同期させて照射し、島状半導体膜1303に熱処理を行う例である。

【0077】例えば、線状レーザー光1310を基本波(波長1064nm)とし、線状レーザー光1311を第2高調波(波長532nm)とする。不純物領域1308の活性化はこの2つの線状レーザー光の相乗効果により効果的に成し遂げることができる。即ち、線状レーザー光1310は基板1301に達し、その照射領域の基板1301側から島状半導体膜1303を加熱させるのに役立つ。また、不純物領域1308上に照射された線状レーザー光1311は一部が不純物領域1308で吸収され熱に変換され、活性化に直接的に寄与する。線状レーザー光1310、1311のレーザーエネルギー密度を300mJ/cm²以下とすると、島状半導体膜1303を溶融させることが可能であり、活性化を容易に成し遂げることができる。また、スリット1309により線状レーザー光1310、1311の長手方向の長さを調節することにより、線状レーザー光の長手方向の長さよりも少なくとも一辺の長さが長い基板に対する線状レーザー光の照射を容易なものとする。勿論、実施形態1～3で示す熱処理方法を実施形態に適用しても同様の効果が得られる。

【0078】[実施例1]本実施例では表示装置を作製するための工程を示し、画素部の画素TFTおよび保持容量と、表示領域の周辺に設けられる駆動回路のTFTを同時に作製する方法について図13～図15を用い工程に従って詳細に説明する。

【0079】図13(A)において、基板101にはコーニング社の#7059ガラスや#1737ガラスなどに代表されるバリウムホウケイ酸ガラスやアルミノホウケイ酸ガラスなどのガラス基板の他に、ポリエチレンテレフタレート(PET)、ポリエチレンナフタレート(PEN)、ポリエーテルサルフォン(PES)など光

学的異方性を有しないプラスチック基板を用いることができる。ガラス基板を用いる場合には、ガラス歪み点よりも10～20℃程度低い温度であらかじめ熱処理しておいても良い。そして、基板101のTFTを形成する表面に基板101からの不純物拡散を防ぐために、酸化シリコン膜、窒化シリコン膜または酸化窒化シリコン膜などの絶縁膜から成る下地膜102を形成する。例えば、プラズマCVD法でSiH₄、NH₃、N₂Oから作製される酸化窒化シリコン膜102aを10～200nm(好ましくは50～100nm)、同様にSiH₄、N₂Oから作製される酸化窒化水素化シリコン膜102bを50～200nm(好ましくは100～150nm)の厚さに積層形成する。

【0080】酸化窒化シリコン膜は平行平板型のプラズマCVD法を用いて形成する。酸化窒化シリコン膜102aは、SiH₄を10SCCM、NH₃を100SCCM、N₂Oを20SCCMとして反応室に導入し、基板温度325℃、反応圧力40Pa、放電電力密度0.41W/cm²、放電周波数60MHzとする。一方、酸化窒化水素化シリコン膜102bは、SiH₄を5SCCM、N₂Oを120SCCM、H₂を125SCCMとして反応室に導入し、基板温度400℃、反応圧力20Pa、放電電力密度0.41W/cm²、放電周波数60MHzとする。これらの膜は、基板温度を変化させ、反応ガスの切り替えのみで連続して形成することもできる。

【0081】上記条件にて作製される酸化窒化シリコン膜102aは、密度が9.28×10²²/cm³であり、フッ化水素アンモニウム(NH₄HF₂)を7.13%とフッ化アンモニウム(NH₄F)を15.4%含む混合溶液(ステラケミファ社製、商品名LAL500)の20℃におけるエッチング速度が約63nm/minと遅く、緻密で硬い膜である。このような膜を下地膜に用いると、この上に形成する半導体膜にガラス基板からのアルカリ金属元素が拡散するのを防ぐのに有効である。

【0082】次に、25～80nm(好ましくは30～60nm)の厚さで非晶質構造を有する半導体膜103aを、プラズマCVD法やスパッタ法などの公知の方法で形成する。例えば、プラズマCVD法で非晶質シリコン膜を55nmの厚さに形成する。非晶質構造を有する半導体膜には、非晶質半導体膜や微結晶半導体膜があり、非晶質シリコンゲルマニウム膜などの非晶質構造を有する化合物半導体膜を適用しても良い。また、下地膜102と非晶質半導体膜103aとは両者を連続形成することも可能である。例えば、前述のように酸化窒化シリコン膜102aと酸化窒化水素化シリコン膜102bをプラズマCVD法で連続して成膜後、反応ガスをSiH₄、N₂O、H₂からSiH₄とH₂或いはSiH₄のみに切り替えれば、一旦大気雰囲気中に晒すことなく連続形成できる。その結果、酸化窒化水素化シリコン膜102bの表面の汚染を防ぐことが可能となり、作製するTFT

の特性バラツキやしきい値電圧の変動を低減させることができる。

【0083】そして、非晶質半導体膜103aを結晶化するために本発明のレーザー光を用いた熱処理方法（ここではレーザー結晶化法）を適用する。このレーザー結晶化法は実施形態1～4で説明したいずれの方法を適用しても良く、具体的には実施形態5または実施形態6で示した非晶質半導体膜の結晶化方法を用いることができる。線状のパルスレーザー光を照射することにより、基板は局部的でかつ瞬間的に加熱されるので、前述のよう

なガラス基板や耐熱性の劣るプラスチック基板を用いる場合には、特に本発明のレーザー結晶化法を適用することが好ましい。

【0084】本発明のレーザー光を用いた熱処理方法は、図1で示したような大型基板上から複数の表示装置用の基板を切り出す生産方法に好適に用いることができる。例えば、700×650mmの基板（マザーガラス）から画面サイズを10.5インチとする表示装置用の基板を6枚取り出す場合には、被照射領域における線状のパルスレーザー光の長手方向の長さ（図1で示すW）は300mmとして照射すると良い。この場合、例えば長手方向の長さ350mmの線状レーザー光を図1で示すようにスリットにて300mmに短縮して照射することができる。レーザー装置の光学系にスリットを設け、長手方向の長さを調節できるようにしておくと、所定の範囲内においては画面サイズに対応して任意の長さの被照射領域を形成できる。

【0085】このレーザー光を用いた熱処理の条件は実施者が適宜選択するものであるが、例えば、レーザーパルス発振周波数1kHzとし、レーザーエネルギー密度を250～500mJ/cm²（代表的には300～400mJ/cm²）とする。そして線状ビームを基板全面に渡って照射し、この時の線状ビームの重ね合わせ率（オーバーラップ率）を80～99%（好ましくは、95～99%）として行う。このようにして図13（B）に示すように結晶質半導体膜103bを得ることができる。

【0086】そして、図13（C）に示すように結晶質半導体膜103b上にフォトマスク1（PM1）を用い、フォトリソグラフィの技術を用いてレジストパターンを形成し、ドライエッチングによって結晶質半導体膜を島状に分割し、島状半導体膜104～108を形成しする。ドライエッチングにはCF₄とO₂の混合ガスを用いる。その後、プラズマCVD法またはスパッタ法により50～100nmの厚さの酸化シリコン膜によるマスク層194を形成する。

【0087】この状態で島状半導体膜に対し、TFTのしきい値電圧（V_{th}）を制御する目的でp型を付与する不純物元素を1×10¹⁶～5×10¹⁷atoms/cm³程度の濃度で島状半導体膜の全面に添加しても良い。半導体に対してp型を付与する不純物元素には、ホウ素（B）、

アルミニウム（Al）、ガリウム（Ga）など周期律表第13族の元素が知られている。その方法として、イオン注入法やイオンドープ法を用いることができるが、大面積基板を処理するにはイオンドープ法が適している。イオンドープ法ではジボラン（B₂H₆）をソースガスとして用いホウ素（B）を添加する。このような不純物元素の注入は必ずしも必要でなく省略しても差し支えないが、特にnチャネル型TFTのしきい値電圧を所定の範囲内に収めるために好適に用いる手法である。

【0088】駆動回路のnチャネル型TFTのLDD領域を形成するために、n型を付与する不純物元素を島状半導体膜105、107に選択的に添加する。あらかじめレジストマスク195a～195eを形成する。n型を付与する不純物元素としては、リン（P）や砒素（As）を用いれば良く、ここではリン（P）を添加すべく、フォスフィン（PH₃）を用いたイオンドープ法を適用する。形成された不純物領域は低濃度n型不純物領域196、197として、このリン（P）濃度は2×10¹⁶～5×10¹⁷atoms/cm³の範囲とすれば良い。本明細書中では、ここで形成された不純物領域196、197に含まれるn型を付与する不純物元素の濃度を（n⁻）と表す。また、不純物領域198は、画素マトリクス回路の保持容量を形成するための半導体膜であり、この領域にも同じ濃度でリン（P）を添加する（図13（D））。

【0089】その後、添加した不純物元素を活性化させる処理を行う。活性化の処理は実施形態7で説明したレーザー光を用いた熱処理により行う。熱処理条件の一例は、レーザーパルス発振周波数1kHzとし、レーザーエネルギー密度を100～300mJ/cm²（代表的には150～250mJ/cm²）とする。そして線状ビームを基板全面に渡って照射し、この時の線状ビームの重ね合わせ率（オーバーラップ率）を80～99%（好ましくは、95～99%）として行う。

【0090】ゲート絶縁膜109はプラズマCVD法またはスパッタ法を用い、膜厚を40～150nmとしてシリコンを含む絶縁膜で形成する。例えば、120nmの厚さで酸化窒化シリコン膜から形成すると良い。また、SiH₄とN₂OにO₂を添加させて作製された酸化窒化シリコン膜は、膜中の固定電荷密度が低減されているのでこの用途に対して好ましい材料となる。勿論、ゲート絶縁膜はこのような酸化窒化シリコン膜に限定されるものでなく、他のシリコンを含む絶縁膜を単層または積層構造として用いても良い（図13（E））。

【0091】そして、図13（E）に示すように、ゲート絶縁膜109上にゲート電極を形成するための耐熱性導電層を形成する。耐熱性導電層は単層で形成しても良いが、必要に応じて二層あるいは三層といった複数の層から成る積層構造としても良い。このような耐熱性導電性材料を用い、例えば、導電性の窒化物金属膜から成る

導電層(A)110と金属膜から成る導電層(B)111とを積層した構造とすると良い。導電層(B)111はタンタル(Ta)、チタン(Ti)、モリブデン(Mo)、タングステン(W)から選ばれた元素、または前記元素を主成分とする合金か、前記元素を組み合わせた合金膜(代表的にはMo-W合金膜、Mo-Ta合金膜)で形成すれば良く、導電層(A)110は窒化タンタル(TaN)、窒化タングステン(WN)、窒化チタン(TiN)膜、窒化モリブデン(MoN)などで形成する。また、導電層(A)110はタングステンシリサイド、チタンシリサイド、モリブデンシリサイドを適用しても良い。導電層(B)111は低抵抗化を図るために含有する不純物濃度を低減させることが好ましく、特に酸素濃度に関しては30ppm以下とすると良かった。例えば、タングステン(W)は酸素濃度を30ppm以下とすることで $20\mu\Omega\text{cm}$ 以下の比抵抗値を実現することができる。

【0092】導電層(A)110は10~50nm(好ましくは20~30nm)とし、導電層(B)111は200~400nm(好ましくは250~350nm)とすれば良い。Wをゲート電極とする場合には、Wをターゲットとしたスパッタ法で、アルゴン(Ar)ガスと窒素(N_2)ガスを導入して導電層(A)111を窒化タングステン(WN)で50nmの厚さに形成し、導電層(B)110をWで250nmの厚さに形成する。その他の方法として、W膜は6フッ化タングステン(WF_6)を用いて熱CVD法で形成することもできる。いずれにしてもゲート電極として使用するためには低抵抗化を図る必要があり、W膜の抵抗率は $20\mu\Omega\text{cm}$ 以下にすることが望ましい。W膜は結晶粒を大きくすることで低抵抗率化を図ることができるが、W中に酸素などの不純物元素が多い場合には結晶化が阻害され高抵抗化する。このことより、スパッタ法による場合、純度99.999%のWターゲットを用い、さらに成膜時に気相中からの不純物の混入がないように十分配慮してW膜を形成することにより、抵抗率9~ $20\mu\Omega\text{cm}$ を実現することができる。

【0093】一方、導電層(A)110にTaN膜を、導電層(B)111にTa膜を用いる場合には、同様にスパッタ法で形成することが可能である。TaN膜はTaをターゲットとしてスパッタガスにArと窒素との混合ガスを用いて形成し、Ta膜はスパッタガスにArを用いる。また、これらのスパッタガス中に適量のXeやKrを加えておくと、形成する膜の内部応力を緩和して膜の剥離を防止することができる。 α 相のTa膜の抵抗率は $20\mu\Omega\text{cm}$ 程度でありゲート電極に使用することができるが、 β 相のTa膜の抵抗率は $180\mu\Omega\text{cm}$ 程度でありゲート電極とするには不向きである。TaN膜は α 相に近い結晶構造を持つので、この上にTa膜を形成すれば α 相のTa膜が容易に得られた。尚、図示しない

が、導電層(A)110の下に2~20nm程度の厚さでリン(P)をドーブしたシリコン膜を形成しておくことは有効である。これにより、その上に形成される導電膜の密着性向上と酸化防止を図ると同時に、導電層

(A)110または導電層(B)111が微量に含有するアルカリ金属元素がゲート絶縁膜109に拡散するのを防ぐことができる。いずれにしても、導電層(B)111は抵抗率を $10\sim 50\mu\Omega\text{cm}$ の範囲ですることが好ましい。

【0094】次に、フォトマスク2(PM2)を用い、フォトリソグラフィの技術を使用してレジストマスク112~117を形成し、導電層(A)110と導電層(B)111とを一括でエッチングしてゲート電極118~122と容量配線123を形成する。ゲート電極118~122と容量配線123は、導電層(A)から成る118a~122aと、導電層(B)から成る118b~122bとが一体として形成される(図14(A))。

【0095】導電層(A)および導電層(B)をエッチングする方法は実施者が適宜選択すれば良いが、前述のようにWを主成分とする材料で形成されている場合には、高速でかつ精度良くエッチングを実施するために高密度プラズマを用いたドライエッチング法を適用することが望ましい。高密度プラズマを得る手法の一つとして、誘導結合プラズマ(Inductively Coupled Plasma: ICP)エッチング装置を用いると良い。ICPエッチング装置を用いたWのエッチング法は、エッチングガスに CF_4 と Cl_2 の2種のガスを反応室に導入し、圧力0.5~1.5Pa(好ましくは1Pa)とし、誘導結合部に200~1000Wの高周波(13.56MHz)電力を印加する。この時、基板が置かれたステージには20Wの高周波電力が印加され、自己バイアスで負電位に帯電することにより、正イオンが加速されて異方性のエッチングを行うことができる。ICPエッチング装置を使用することにより、Wなどの硬い金属膜も2~5nm/秒のエッチング速度を得ることができる。また、残渣を残すことなくエッチングするためには、10~20%程度の割合でエッチング時間を増しオーバーエッチングをすると良い。しかし、この時に下地とのエッチングの選択比に注意する必要がある。例えば、W膜に対する酸化窒化シリコン膜(ゲート絶縁膜109)の選択比は2.5~3であるので、このようなオーバーエッチング処理により、酸化窒化シリコン膜が露出した面は20~50nm程度エッチングされて実質的に薄くなる。

【0096】そして、画素TFETのnチャネル型TFETにLDD領域を形成するために、n型を付与する不純物元素添加の工程(n⁻ドーブ工程)を行う。ゲート電極118~122をマスクとして自己整合的にn型を付与する不純物元素をイオンドーブ法で添加した。n型を付与する不純物元素として添加するリン(P)の濃度は1

$\times 10^{16} \sim 5 \times 10^{17}$ atoms/cm² の濃度範囲で添加する。このようにして、図 14 (B) に示すように島状半導体膜に低濃度 n 型不純物領域 124 ~ 129 を形成する。

【0097】次に、n チャネル型 TFT に対して、ソース領域またはドレイン領域として機能する高濃度 n 型不純物領域の形成を行う (n' ドープ工程)。まず、フォトマスク 3 (PM3) を用い、レジストのマスク 130 ~ 134 を形成し、n 型を付与する不純物元素を添加して高濃度 n 型不純物領域 135 ~ 140 を形成する。n 型を付与する不純物元素にはリン (P) を用い、その濃度が $1 \times 10^{18} \sim 1 \times 10^{19}$ atoms/cm² の濃度範囲となるようにフォスフィン (PH₃) を用いたイオンドープ法で行う (図 14 (C))。

【0098】そして、p チャネル型 TFT を形成する島状半導体膜 104、106 にソース領域およびドレイン領域とする高濃度 p 型不純物領域 144、145 を形成する。ここでは、ゲート電極 118、120 をマスクとして p 型を付与する不純物元素を添加し、自己整合的に高濃度 p 型不純物領域を形成する。このとき n チャネル型 TFT を形成する島状半導体膜 105、107、108 は、フォトマスク 4 (PM4) を用いてレジストマスク 141 ~ 143 を形成し全面を被覆しておく。高濃度 p 型不純物領域 144、145 はジボラン (B₂H₆) を用いたイオンドープ法で形成する。この領域のボロン (B) の濃度は $3 \times 10^{18} \sim 3 \times 10^{19}$ atoms/cm² となるようにする (図 14 (D))。

【0099】この高濃度 p 型不純物領域 144、145 には、前工程においてリン (P) が添加されていて、高濃度 p 型不純物領域 144a、145a には $1 \times 10^{18} \sim 1 \times 10^{19}$ atoms/cm² の濃度で、高濃度 p 型不純物領域 144b、145b には $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{17}$ atoms/cm² の濃度で含有しているが、この工程で添加するボロン (B) の濃度を 1.5 から 3 倍とすることにより、p チャネル型 TFT のソース領域およびドレイン領域として機能する上で何ら問題は生じない。

【0100】その後、図 15 (A) に示すように、ゲート電極およびゲート絶縁膜上から保護絶縁膜 146 を形成する。保護絶縁膜は酸化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜、窒化シリコン膜、またはこれらを組み合わせた積層膜で形成すれば良い。いずれにしても保護絶縁膜 146 は無機絶縁物材料から形成する。保護絶縁膜 146 の膜厚は 100 ~ 200 nm とする。ここで、酸化シリコン膜を用いる場合には、プラズマ CVD 法で、TEOS (Tetraethyl Orthosilicate) と O₂ とを混合し、反応圧力 40 Pa、基板温度 300 ~ 400 °C とし、高周波 (13.56 MHz) 電力密度 0.5 ~ 0.8 W/cm² で放電させて形成する。酸化窒化シリコン膜を用いる場合には、プラズマ CVD 法で SiH₄、N₂O、NH₃ から作製される酸化窒化シリコン膜、または SiH₄、N₂O から

ら作製される酸化窒化シリコン膜で形成すれば良い。この場合の作製条件は反応圧力 20 ~ 200 Pa、基板温度 300 ~ 400 °C とし、高周波 (60 MHz) 電力密度 0.1 ~ 1.0 W/cm² で形成することができる。また、SiH₄、N₂O、H₂ から作製される酸化窒化水素化シリコン膜を適用しても良い。窒化シリコン膜も同様にプラズマ CVD 法で SiH₄、NH₃ から作製することが可能である。

【0101】その後、それぞれの濃度で添加された n 型または p 型を付与する不純物元素を活性化する工程を行う。この工程はファーンズアニール炉を用いる熱アニール法で行うこともできるが、実施形態 7 で説明したレーザー光を用いた熱処理方法で活性化させても良い。この場合の熱処理条件は前述のものと同様なものとする。一方、熱アニール法で行う場合には酸素濃度が 1 ppm 以下、好ましくは 0.1 ppm 以下の窒素雰囲気中で 400 ~ 700 °C、代表的には 500 ~ 600 °C で行うものであり、本実施例では 550 °C で 4 時間の熱処理を行った。また、基板 101 に耐熱温度が低いプラスチック基板を用いる場合には、本発明のレーザー光を用いた熱処理方法を適用することが好ましい (図 15 (B))。

【0102】熱処理を行った後、さらに、3 ~ 100 % の水素を含む雰囲気中で、300 ~ 450 °C で 1 ~ 12 時間の熱処理を行い、島状半導体膜を水素化する工程を行った。この工程は熱的に励起された水素により島状半導体膜にある $10^{16} \sim 10^{18}$ /cm² のダングリングボンドを終端する工程である。水素化の他の手段として、プラズマ水素化 (プラズマにより励起された水素を用いる) を行っても良い。

【0103】本発明のレーザー光を用いた熱処理方法とプラズマ水素化処理を組み合わせで行う場合には図 3 で示す構成の装置で行うことができる。具体的には、処理室 818 でレーザー光を用いた熱処理を行い、その後搬送手段 820 により基板を処理室 816 に移動してプラズマ水素化の処理を行う。処理室 816 には水素ガスまたはアンモニアガス等を導入するようにしておけばプラズマ水素化を容易に行うことができる。このように、基板を装置内に保持し、大気に晒すことなく連続処理することで基板表面の汚染を防止でき、また、スルーボットを向上させることができる。

【0104】そして、有機絶縁物材料からなる層間絶縁膜 147 を 1.0 ~ 2.0 μm の平均厚を有して形成する。有機樹脂材料としては、ポリイミド、アクリル、ポリアミド、ポリイミドアミド、BCB (ベンゾシクロブテン) 等を使用することができる。例えば、基板に塗布後、熱重合するタイプのポリイミドを用いる場合には、クリーンオープンで 300 °C で焼成して形成する。また、アクリルを用いる場合には、2 液性のものを用い、主材と硬化剤を混合した後、スピナーを用いて基板全面に塗布した後、ホットプレートで 80 °C で 60 秒の予備

加熱を行い、さらにクリーンオープンで250℃で60分焼成して形成することができる。

【0105】このように、層間絶縁膜を有機絶縁物材料で形成することにより、表面を良好に平坦化させることができる。また、有機樹脂材料は一般に誘電率が低いので、寄生容量を低減するできる。しかし、吸湿性があり保護膜としては適さないので、本実施例のように、保護絶縁膜146として形成した酸化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜、窒化シリコン膜などと組み合わせて用いる必要がある。

【0106】その後、フォトリソマスク5(PM5)を用い、所定のパターンのレジストマスクを形成し、それぞれの島状半導体膜に形成されたソース領域またはドレイン領域に達するコンタクトホールを形成する。コンタクトホールの形成はドライエッチング法により行う。この場合、エッチングガスに CF_4 、 O_2 、 He の混合ガスを用い有機樹脂材料から成る層間絶縁膜をまずエッチングし、その後、続いてエッチングガスを CF_4 、 O_2 として保護絶縁膜146をエッチングする。さらに、島状半導体膜との選択比を高めるために、エッチングガスを CHF_3 に切り替えてゲート絶縁膜をエッチングすることにより、良好にコンタクトホールを形成することができる。

【0107】そして、導電性の金属膜をスパッタ法や真空蒸着法で形成し、フォトリソマスク6(PM6)によりレジストマスクパターンを形成し、エッチングによってソース配線148~152とドレイン配線153~157を形成する。ここで、ドレイン配線157は画素電極として機能するものである。図示していないが、本実施例ではこの電極を、 Ti 膜を50~150nmの厚さで形成し、島状半導体膜のソースまたはドレイン領域を形成する半導体膜とコンタクトを形成し、その Ti 膜上に重ねてアルミニウム(Al)を300~400nmの厚さで形成して配線とする。

【0108】この状態で水素化処理を行うとTFTの特性向上に対して好ましい結果が得られる。例えば、3~100%の水素を含む雰囲気中で、300~450℃で1~12時間の熱処理を行うと良く、あるいはプラズマ水素化法を用いても同様の効果が得られる。また、このような熱処理により保護絶縁膜146や、下地膜102に存在する水素を島状半導体膜104~108に拡散させ水素化をすることもできる。いずれにしても、島状半導体膜104~108中の欠陥密度を $10^{14}/cm^2$ 以下とすることが望ましく、そのために水素を0.01~0.1atmic%程度付与すれば良い(図15(C))。

【0109】こうして7枚のフォトリソマスクにより、同一の基板上に、駆動回路のTFTと画素部の画素TFTとを有した基板を完成させることができる。駆動回路には第1のpチャネル型TFT200、第1のnチャネル型TFT201、第2のpチャネル型TFT202、第2

のnチャネル型TFT203、画素部には画素TFT204、保持容量205が形成されている。本明細書では便宜上このような基板をアクティブマトリクス基板と呼ぶ。

【0110】駆動回路の第1のpチャネル型TFT200には、島状半導体膜104にチャネル形成領域206、高濃度p型不純物領域から成るソース領域207a、207b、ドレイン領域208a、208bを有したシングルドレインの構造を有している。第1のnチャネル型TFT201には、島状半導体膜105にチャネル形成領域209、ゲート電極119と重なるLDD領域210、ソース領域212、ドレイン領域211を有している。このLDD領域において、ゲート電極119と重なるLDD領域を L_{ov} とするとそのチャネル長方向の長さは0.5~3.0 μm 、好ましくは1.0~2.0 μm とした。nチャネル型TFTにおけるLDD領域の長さをこのようにすることにより、ドレイン領域近傍に発生する高電界を緩和して、ホットキャリアの発生を防ぎ、TFTの劣化を防止することができる。駆動回路の第2のpチャネル型TFT202は同様に、島状半導体膜106にチャネル形成領域213、高濃度p型不純物領域から成るソース領域214a、214b、ドレイン領域215a、215bを有したシングルドレインの構造を有している。第2のnチャネル型TFT203には、島状半導体膜107にチャネル形成領域216、ゲート電極121と一部が重なるLDD領域217、218、ソース領域220、ドレイン領域219が形成されている。このTFTのゲート電極と重なる L_{ov} の長さも0.5~3.0 μm 、好ましくは1.0~2.0 μm とした。また、ゲート電極と重ならないLDD領域を L_{off} として、このチャネル長方向の長さは0.5~4.0 μm 、好ましくは1.0~2.0 μm とした。画素TFT204には、島状半導体膜108にチャネル形成領域221、222、LDD領域223~225、ソースまたはドレイン領域226~228を有している。LDD領域(L_{off})のチャネル長方向の長さは0.5~4.0 μm 、好ましくは1.5~2.5 μm である。さらに、容量配線123と、ゲート絶縁膜と同じ材料から成る絶縁膜と、画素TFT204のドレイン領域228に接続する半導体膜229とから保持容量205が形成されている。図15(C)では画素TFT204をダブルゲート構造としたが、シングルゲート構造でも良いし、複数のゲート電極を設けたマルチゲート構造としても差し支えない。

【0111】図25は画素部のほぼ一画素分を示す上面図である。図中に示すA-A'断面が図15(C)に示す画素部の断面図に対応している。画素TFT204のゲート電極122は、図示されていないゲート絶縁膜を介してその下の島状半導体膜108と交差している。また、ゲート電極122は Al や Cu などの材料を用いて

形成される低抵抗導電性材料から成るゲート配線 900 と島状半導体膜 108 の外側でコンタクトホールを介さず接触している。図示はしていないが、島状半導体膜 108 には、ソース領域、ドレイン領域、LDD 領域が形成されている。また、256 はソース配線 152 とソース領域 226 とのコンタクト部、257 はドレイン配線 157 とドレイン領域 228 とのコンタクト部である。保持容量 205 は、画素 TFT 204 のドレイン領域 228 から延在する半導体膜 229 とゲート絶縁膜を介して容量配線 123 が重なる領域で形成されている。この構成において半導体膜 229 には価電子制御を目的とした不純物元素は添加されていない。

【0112】以上の様な構成は、画素 TFT および駆動回路が要求する仕様に応じて各回路を構成する TFT の構造を最適化し、半導体装置の動作性能と信頼性を向上させることを可能としている。さらにゲート電極を耐熱性を有する導電性材料で形成することにより LDD 領域やソース領域およびドレイン領域の活性化を容易としている。このような TFT を設けたアクティブマトリクス基板を作製するために、本発明のレーザー光を用いた熱処理方法及びレーザー装置を適用すると特性の良い TFT を作製することが可能で、また、生産性の向上を達成することができる。このようなアクティブマトリクス基板を用いて液晶表示装置や EL 表示装置を作製することができる。

【0113】[実施例 2] 実施例 1 では TFT のゲート電極の材料に W や Ta などの耐熱性導電性材料を用いる例を示した。このような材料を用いる理由は、ゲート電極形成後に価電子制御を目的として半導体膜に添加した不純物元素を主として、400～700℃の熱アニールによって活性化させること、エレクトロマイグレーションの防止、耐腐蝕性の向上など複数の要因に起因している。しかしながら、このような耐熱性導電性材料は面積抵抗で 10Ω 程度あり、画面サイズが 4 インチクラスかそれ以上の液晶表示装置や EL 表示装置には適していない。ゲート電極に接続するゲート配線を同じ材料で形成すると、基板面上における引回し長さが必然的に大きくなり、配線抵抗の影響による遅延時間を無視することができなくなるためである。

【0114】例えば、画素密度が VGA の場合、480 本のゲート配線と 640 本のソース配線が形成され、XGA の場合には 768 本のゲート配線と 1024 本のソース配線が形成される。表示領域の画面サイズは、13 インチクラスの場合対角線の長さは 340mm となり、18 インチクラスの場合には 460mm となる。本実施例ではこのような液晶表示装置を実現する手段として、ゲート配線を Al や Cu などの低抵抗導電性材料で形成する方法について図 16 を用いて説明する。

【0115】まず、実施例 1 と同様にして図 13 (A)

を目的としてそれぞれの島状半導体膜に添加された不純物元素を活性化処理を行う。この活性化の処理は実施形態 7 で示すレーザー光を用いた熱処理方法を用いることが最も好ましい。さらに、3～100%の水素を含む雰囲気中で、300～450℃で 1～12 時間の熱処理を行い、島状半導体膜を水素化する処理を行う。この工程は熱的に励起された水素により半導体膜のダングリングボンドを終端する工程である。水素化の他の手段として、プラズマ水素化（プラズマにより励起された水素を用いる）を行っても良い（図 16 (A)）。

【0116】活性化および水素化の処理が終了したら、ゲート配線を低抵抗導電性材料で形成する。この低抵抗導電性層は Al や Cu を主成分とする導電層 (D) で形成する。例えば、Ti を 0.1～2 重量%含む Al 膜を導電層 (D) として全面に形成する（図示せず）。導電層 (D) 145 は 200～400nm（好ましくは 250～350nm）とすれば良い。そして、フォトリソを用いて所定のレジストパターンを形成し、エッチング処理して、ゲート配線 163、164 と容量配線 165 を形成する。エッチング処理はリン酸系のエッチング溶液によるウエットエッチングで導電層 (D) を除去することにより、下地との選択加工性を保ってゲート配線を形成することができる。そして保護絶縁膜 146 を形成する（図 16 (B)）。

【0117】その後、実施例 1 と同様にして有機絶縁物材料から成る層間絶縁膜 147、ソース配線 148～151、167、ドレイン配線 153～156、168 を形成してアクティブマトリクス基板を完成させることができる。図 17 (A)、(B) はこの状態の上面図を示し、図 17 (A) の B-B' 断面および図 17 (B) の C-C' 断面は図 16 (C) の A-A' および C-C' に対応している。図 17 (A)、(B) ではゲート絶縁膜、保護絶縁膜、層間絶縁膜を省略して示しているが、島状半導体膜 104、105、108 の図示されていないソースおよびドレイン領域にソース配線 148、149、167 とドレイン配線 153、154、168 がコンタクトホールを介して接続している。また、図 17 (A) の D-D' 断面および図 17 (B) の E-E' 断面を図 18 (A) と (B) にそれぞれ示す。ゲート配線 163 はゲート電極 118、119 と、またゲート配線 164 はゲート電極 122 と島状半導体膜 104、105、108 の外側で重なるように形成され、導電層 (C) と導電層 (D) が接触して電氣的に導通している。このようにゲート配線低抵抗導電性材料で形成することにより、配線抵抗を十分低減できる。従って、画素部（画面サイズ）が 4 インチクラス以上の液晶表示装置や EL 表示装置に適用することができる。

【0118】[実施例 3] 実施例 1 で作製したアクティブマトリクス基板はそのまま反射型の液晶表示装置に適用することができる。一方、透過型の液晶表示装置とする

～図 14 (D) に示す工程を行う。そして、価電子制御

場合には画素部の各画素に設ける画素電極を透明電極で形成すれば良い。本実施例では透過型の液晶表示装置に対応するアクティブマトリクス基板の作製方法について図10を用いて説明する。

【0119】アクティブマトリクス基板は実施例1と同様に作製する。図20(A)では、ソース配線とドレイン配線は導電性の金属膜をスパッタ法や真空蒸着法で形成する。これは、Ti膜を50~150nmの厚さで形成し、島状半導体膜のソースまたはドレイン領域を形成する半導体膜とコンタクトを形成し、そのTi膜上に重ねてアルミニウム(A1)を300~400nmの厚さで形成し、さらにTi膜または窒化チタン(TiN)膜を100~200nmの厚さで形成して3層構造とした。その後、透明導電膜を全面に形成し、フォトマスクを用いたパターニング処理およびエッチング処理により画素電極171を形成する。画素電極171は、層間絶縁膜147上に形成され、画素TFT204のドレイン配線169と重なる部分を設け、接続構造を形成している。

【0120】図20(B)では最初に層間絶縁膜147上に透明導電膜を形成し、パターニング処理およびエッチング処理をして画素電極171を形成した後、ドレイン配線169を画素電極171と重なる部分を設けて形成した例である。ドレイン配線169はTi膜を50~150nmの厚さで形成し、島状半導体膜のソースまたはドレイン領域を形成する半導体膜とコンタクトを形成し、そのTi膜上に重ねてアルミニウム(A1)を300~400nmの厚さで形成して設ける。この構成にすると、画素電極171はドレイン配線169を形成するTi膜のみと接触することになる。その結果、透明導電膜材料とA1とが反応するのを防止できる。

【0121】透明導電膜の材料は、酸化インジウム(In_2O_3)や酸化インジウム酸化スズ合金($\text{In}_2\text{O}_3-\text{SnO}_2$;ITO)などをスパッタ法や真空蒸着法などを用いて形成して用いることができる。このような材料のエッチング処理は塩酸系の溶液により行う。しかし、特にITOのエッチングは残渣が発生しやすいので、エッチング加工性を改善するために酸化インジウム酸化亜鉛合金($\text{In}_2\text{O}_3-\text{ZnO}$)を用いても良い。酸化インジウム酸化亜鉛合金は表面平滑性に優れ、ITOに対して熱安定性にも優れているので、ドレイン配線169の端面で接触するA1との腐蝕反応を防止できる。同様に、酸化亜鉛(ZnO)も適した材料であり、さらに可視光の透過率や導電率を高めるためにガリウム(Ga)を添加した酸化亜鉛($\text{ZnO}:\text{Ga}$)などを用いることができる。

【0122】このようにして、透過型の液晶表示装置に対応したアクティブマトリクス基板を完成させることができる。本実施例では、実施例1と同様な工程として説明したが、このような構成は実施例2や実施例3で示すアクティブマトリクス基板に適用することができる。

【0123】[実施例4]実施形態6で示したように非晶質半導体膜の結晶化を助長する触媒元素を用いて結晶質半導体膜を得て、さらに本発明の線状レーザー光を用いた熱処理法(レーザー結晶化法)によりその結晶化率を向上させる手法は、電界効果移動度が高いTFTを作製する目的に対し有効である。しかしこの場合、結晶質半導体膜中には微量($1 \times 10^{11} \sim 1 \times 10^{13} \text{ atoms/cm}^2$ 程度)の触媒元素が残留してしまう。勿論、そのような状態でもTFTを完成させることが可能であるが、オフ電流を下げる為に残留する触媒元素を少なくともチャネル形成領域から除去する方がより好ましい。この触媒元素を除去する手段の一つにリン(P)によるゲッタリング作用を利用する手段がある。

【0124】この目的におけるリン(P)によるゲッタリング処理は、図15(B)で説明した活性化工程で同時に行うことができる。この様子を図19で説明する。ゲッタリングに必要なリン(P)の濃度は高濃度n型不純物領域の不純物濃度と同程度でよく、活性化工程の熱アニールにより、nチャネル型TFTおよびpチャネル型TFTのチャネル形成領域から触媒元素をその濃度でリン(P)を含有する不純物領域へ偏析させることができる(図19で示す矢印の方向)。その結果その不純物領域には $1 \times 10^{11} \sim 1 \times 10^{13} \text{ atoms/cm}^2$ 程度の触媒元素が偏析した。このようにして作製したTFTはオフ電流値が下がり、結晶性が良いことから高い電界効果移動度が得られ、良好な特性を達成することができる。

【0125】[実施例5]本実施例では実施例1で作製したアクティブマトリクス基板から、アクティブマトリクス型液晶表示装置を作製する工程を説明する。まず、図21(A)に示すように、図15(C)の状態のアクティブマトリクス基板に柱状スペーサから成るスペーサを形成する。スペーサは数 μm の粒子を散布して設ける方法でも良いが、ここでは基板全面に樹脂膜を形成した後これをパターニングして形成する方法を採用する。このようなスペーサの材料に限定はないが、例えば、JSR社製のNN700を用い、スピナーで塗布した後、露光と現像処理によって所定のパターンに形成する。さらにクリーンオープンなどで150~200℃で加熱して硬化させる。このようにして作製されるスペーサは露光と現像処理の条件によって形状を異ならせることができるが、好ましくは、柱状スペーサ173の形状は柱状で頂部が平坦な形状となるようにすると、対向側の基板を合わせたときに液晶表示パネルとしての機械的な強度を確保することができる。形状は円錐状、角錐状など特別の限定はないが、例えば円錐状としたときに具体的には、その高さを1.2~5 μm とし、平均半径を5~7 μm 、平均半径と底部の半径との比を1対1.5程度とする。このとき断面から見たテーパ角は $\pm 15^\circ$ 以下とすると良い。

【0126】柱状スペーサの配置は任意に決定すれば良

いが、好ましくは、図 21 (A) で示すように、画素部においてはドレイン配線 161 (画素電極) のコンタクト部 235 と重ねてその部分を覆うように柱状スペーサ 168 を形成すると良い。コンタクト部 235 は平坦性が損なわれこの部分では液晶がうまく配向しなくなるので、このようにしてコンタクト部 235 にスペーサ用の樹脂を充填する形で柱状スペーサ 168 を形成することでディスクリネーションなどを防止することができる。

【0127】その後、配向膜 174 を形成する。通常液晶表示素子の配向膜にはポリイミド樹脂を用る。配向膜を形成した後、ラビング処理を施して液晶分子がある一定のプレチルト角を持って配向するようにした。画素部に設けた柱状スペーサ 173 の端部からラビング方向に対してラビングされない領域が $2\mu\text{m}$ 以下となるようにした。また、ラビング処理では静電気の発生がしばしば問題となるが、駆動回路の TFT 上にもスペーサ 172 を形成しておく、スペーサとしての本来の役割と、静電気から TFT を保護する効果を得ることができる。

【0128】対向側の対向基板 175 には、遮光膜 176、透明導電膜 177 および配向膜 178 を形成する。遮光膜 176 は Ti、Cr、Al などを $150\sim 300\text{nm}$ の厚さで形成する。そして、画素部と駆動回路が形成されたアクティブマトリクス基板と対向基板とをシール剤 179 で貼り合わせる。シール剤 179 にはフィラー 180 が混入されていて、このフィラー 180 とスペーサ 172、173 によって均一な間隔を持って 2 枚の基板が貼り合わせられる。その後、両基板の間に液晶材料 606 を注入し、封止剤 (図示せず) によって完全に封止する。液晶材料には公知の液晶材料を用いれば良い。このようにして図 21 (B) に示すアクティブマトリクス型の液晶表示装置が完成する。

【0129】図 21 ではスペーサ 172 を駆動回路の TFT 上の全面に形成する例を示したが、図 22 に示すようにこのスペーサを複数個に分割してスペーサ 172a \sim 172e として形成しても良い。駆動回路が形成されている部分に設けるスペーサは、このように少なくとも駆動回路のソース配線およびドレイン配線を覆うように形成すれば良い。このような構成とすることによって、駆動回路の各 TFT は、保護絶縁膜 146 と層間絶縁膜 147 とスペーサ 172 またはスペーサ 172a \sim 172e によって完全に覆われ保護されることになる。

【0130】図 23 はスペーサとシール剤を形成したアクティブマトリクス基板の上面図を示し、画素部および駆動回路部とスペーサおよびシール剤の位置関係を示す上面図である。画素部 188 の周辺に駆動回路として走査信号駆動回路 185 と画像信号駆動回路 186 が設けられている。さらに、その他 CPU やメモリなどの信号処理回路 187 も付加されていても良い。そして、これらの駆動回路は接続配線 183 によって外部入出力端子 182 と接続されている。画素部 188 では走査信号駆

動回路 185 から延在するゲート配線群 189 と画像信号駆動回路 186 から延在するソース配線群 190 がマトリクス状に交差して画素を形成し、各画素にはそれぞれ画素 TFT 204 と保持容量 205 が設けられている。

【0131】画素部において設けられる柱状スペーサ 173 は、すべての画素に対して設けても良いが、マトリクス状に配列した画素の数個から数十個おきに設けても良い。即ち、画素部を構成する画素の全数に対するスペーサの数の割合は $20\sim 100\%$ とすると良い。また、駆動回路部に設けるスペーサ 172、172'、172'' はその全面を覆うように設けても良いし、図 22 で示したように各 TFT のソースおよびドレイン配線の位置にあわせて複数個に分割して設けても良い。シール剤 179 は、基板 101 上の画素部 188 および走査信号制御回路 185、画像信号制御回路 186、その他の信号処理回路 187 の外側であって、外部入出力端子 182 よりも内側に形成する。

【0132】このようなアクティブマトリクス型液晶表示装置の構成を図 24 の斜視図を用いて説明する。図 24 においてアクティブマトリクス基板は、ガラス基板 101 上に形成された、画素部 188 と、走査信号駆動回路 185 と、画像信号駆動回路 186 とその他の信号処理回路 187 とで構成される。画素部 188 には画素 TFT 204 と保持容量 205 が設けられ、画素部の周辺に設けられる駆動回路は CMOS 回路を基本として構成されている。走査信号駆動回路 185 と、画像信号駆動回路 186 はそれぞれゲート配線 122 とソース配線 152 で画素 TFT 204 に接続している。また、フレキシブルプリント配線板 (Flexible Printed Circuit: FPC) 191 が外部入力端子 182 に接続していて画像信号などを入力するのに用いる。そして接続配線 183 でそれぞれの駆動回路に接続している。また、対向基板 175 には図示していないが、遮光膜や透明電極が設けられている。

【0133】このような構成の液晶表示装置は、実施例 1 \sim 4 で示すアクティブマトリクス基板を用いて形成することができる。実施例 1 \sim 3 で示すアクティブマトリクス基板を用いれば反射型の液晶表示装置が得られ、実施例 4 で示すアクティブマトリクス基板を用いると透過型の液晶表示装置を得ることができる。

【0134】[実施例 6] 本実施例では、実施例 5 のアクティブマトリクス基板を用いてエレクトロルミネッセンス (EL: Electro Luminescence) 材料を用いた自発光型の表示パネル (以下、EL 表示装置と記す) を作製する例について説明する。図 26 (A) は本発明を用いた EL 表示パネルの上面図である。図 26 (A) において、10 は基板、11 は画素部、12 はソース側駆動回路、13 はゲート側駆動回路であり、それぞれの駆動回路は配線 14 \sim 16 を経て FPC 17 に至り、外部機器

へと接続される。

【0135】図26(B)は図26(A)のA-A'断面を表す図であり、このとき少なくとも画素部上、好ましくは駆動回路及び画素部上に対向板80を設ける。対向板80はシール材19でTFTとEL材料を用いた自発光層が形成されているアクティブマトリクス基板と貼り合わされている。シール剤19にはフィラー(図示せず)が混入されていて、このフィラーによりほぼ均一な間隔を持って2枚の基板が貼り合わせられている。さらに、シール材19の外側とFPC17の上面及び周辺は封止剤81で密封する構造とする。封止剤81はシリコーン樹脂、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ブチルゴムなどの材料を用いる。

【0136】このように、シール剤19によりアクティブマトリクス基板10と対向基板80とが貼り合わされると、その間には空間が形成される。その空間には充填剤83が充填される。この充填剤83は対向板80を接着する効果も合わせ持つ。充填剤83はPVC(ポリビニルクロライド)、エポキシ樹脂、シリコーン樹脂、PVB(ポリビニルブチラル)またはEVA(エチレンビニルアセテート)などを用いることができる。また、自発光層は水分をはじめ湿気に弱く劣化しやすいので、この充填剤83の内部に酸化バリウムなどの乾燥剤を混入させておくと吸湿効果を保持できるので望ましい。また、自発光層上に窒化シリコン膜や酸化窒化シリコン膜などで形成するパッシベーション膜82を形成し、充填剤83に含まれるアルカリ元素などによる腐蝕を防ぐ構造としていある。

【0137】対向板80にはガラス板、アルミニウム板、ステンレス板、FRP(Fiberglass-Reinforced Plastics)板、PVF(ポリビニルフルオライド)フィルム、マイラーフィルム(デュボン社の商品名)、ポリエステルフィルム、アクリルフィルムまたはアクリル板などを用いることができる。また、数十 μ mのアルミニウム箔をPVFフィルムやマイラーフィルムで挟んだ構造のシートを用い、耐湿性を高めることもできる。このようにして、EL素子は密閉された状態となり外気から遮断されている。

【0138】また、図26(B)において基板10、下地膜21の上に駆動回路用TFT(但し、ここではnチャンネル型TFTとpチャンネル型TFTを組み合わせたCMOS回路を図示している。)22及び画素部用TFT23(但し、ここではEL素子への電流を制御するTFTだけ図示している。)が形成されている。これらのTFTの内特にnチャンネル型TFTにはホットキャリア効果によるオン電流の低下や、Vthシフトやバイアスストレスによる特性低下を防ぐため、本実施形態で示す構成のLDD領域が設けられている。

【0139】例えば、駆動回路用TFT22とし、図15(C)に示すpチャンネル型TFT200、202とn

チャンネル型TFT201、203を用いれば良い。また、画素部用TFT23には図15(B)に示す画素TFT204またはそれと同様な構造を有するpチャンネル型TFTを用いれば良い。

【0140】図15(C)または図16(C)の状態のアクティブマトリクス基板からEL表示装置を作製するには、ソース配線、ドレイン配線に樹脂材料でなる層間絶縁膜(平坦化膜)26を形成し、その上に画素部用TFT23のドレインと電氣的に接続する透明導電膜でなる画素電極27を形成する。透明導電膜には酸化インジウムと酸化スズとの化合物(ITOと呼ばれる)または酸化インジウムと酸化亜鉛との化合物を用いることができる。そして、画素電極27を形成したら、絶縁膜28を形成し、画素電極27上に開口部を形成する。

【0141】次に、自発光層29を形成する。自発光層29は公知のEL材料(正孔注入層、正孔輸送層、発光層、電子輸送層または電子注入層)を自由に組み合わせて積層構造または単層構造とすれば良い。どのような構造とするかは公知の技術を用いれば良い。また、EL材料には低分子系材料と高分子系(ポリマー系)材料がある。低分子系材料を用いる場合は蒸着法を用いるが、高分子系材料を用いる場合には、スピンコート法、印刷法またはインクジェット法等の簡易な方法を用いることが可能である。

【0142】自発光層はシャドーマスクを用いて蒸着法、またはインクジェット法、ディスペンサー法などで形成する。いずれにしても、画素毎に波長の異なる発光が可能な発光層(赤色発光層、緑色発光層及び青色発光層)を形成することで、カラー表示が可能となる。その他にも、色変換層(CCM)とカラーフィルターを組み合わせた方式、白色発光層とカラーフィルターを組み合わせた方式があるがいずれの方法を用いても良い。勿論、単色発光のEL表示装置とすることもできる。

【0143】自発光層29を形成したら、その上に陰極30を形成する。陰極30と自発光層29の界面に存在する水分や酸素は極力排除しておくことが望ましい。従って、真空中で自発光層29と陰極30を連続して形成するか、自発光層29を不活性雰囲気中で形成し、大気解放しないで真空中で陰極30を形成するといった工夫が必要である。本実施例ではマルチチャンバー方式(クラスターツール方式)の成膜装置を用いることで上述のような成膜を可能とする。

【0144】なお、本実施例では陰極30として、LiF(フッ化リチウム)膜とAl(アルミニウム)膜の積層構造を用いる。具体的には自発光層29上に蒸着法で1nm厚のLiF(フッ化リチウム)膜を形成し、その上に300nm厚のアルミニウム膜を形成する。勿論、公知の陰極材料であるMgAg電極を用いても良い。そして陰極30は31で示される領域において配線16に接続される。配線16は陰極30に所定の電圧を与えるため

の電源供給線であり、異方性導電性ペースト材料 32 を介して FPC17 に接続される。FPC17 上にはさらに樹脂層 80 が形成され、この部分の接着強度を高めている。

【0145】31 に示された領域において陰極 30 と配線 16 とを電氣的に接続するために、層間絶縁膜 26 及び絶縁膜 28 にコンタクトホールを形成する必要がある。これらは層間絶縁膜 26 のエッチング時（画素電極用コンタクトホールの形成時）や絶縁膜 28 のエッチング時（自発光層形成前の開口部の形成時）に形成しておけば良い。また、絶縁膜 28 をエッチングする際に、層間絶縁膜 26 まで一括でエッチングしても良い。この場合、層間絶縁膜 26 と絶縁膜 28 が同じ樹脂材料であれば、コンタクトホールの形状を良好なものとする事ができる。

【0146】また、配線 16 はシーリル 19 と基板 10 との間を隙間（但し封止剤 81 で塞がれている。）を通過して FPC17 に電氣的に接続される。なお、ここでは配線 16 について説明したが、他の配線 14、15 も同様にしてシーリング材 18 の下を通過して FPC17 に電氣的に接続される。

【0147】ここで画素部のさらに詳細な断面構造を図 27 に、上面構造を図 28 (A) に、回路図を図 28

(B) に示す。図 27 (A) において、基板 2401 上に設けられたスイッチング用 TFT2402 は実施例 1 の図 15 (C) の画素 TFT204 と同じ構造で形成される。ダブルゲート構造とすることで実質的に二つの TFT が直列された構造となり、オフ電流値を低減することができるという利点がある。なお、本実施例ではダブルゲート構造としているがトリプルゲート構造やそれ以上のゲート本数を持つマルチゲート構造でも良い。

【0148】また、電流制御用 TFT2403 は図 15 (C) で示す n チャネル型 TFT201 を用いて形成する。このとき、スイッチング用 TFT2402 のドレイン線 35 は配線 36 によって電流制御用 TFT のゲート電極 37 に電氣的に接続されている。また、38 で示される配線は、スイッチング用 TFT2402 のゲート電極 39a、39b を電氣的に接続するゲート線である。

【0149】このとき、電流制御用 TFT2403 が本発明の構造であることは非常に重要な意味を持つ。電流制御用 TFT は EL 素子を通る電流量を制御するための素子であるため、多くの電流が流れ、熱による劣化やホットキャリアによる劣化の危険性が高い素子でもある。そのため、電流制御用 TFT にゲート電極と一部が重なる LDD 領域を設けることで TFT の劣化を防ぎ、動作の安定性を高めることができる。

【0150】また、本実施例では電流制御用 TFT2403 をシングルゲート構造で図示しているが、複数の TFT を直列につなげたマルチゲート構造としても良い。さらに、複数の TFT を並列につなげて実質的にチャネ

ル形成領域を複数に分割し、熱の放射を高い効率で行えるようにした構造としても良い。このような構造は熱による劣化対策として有効である。

【0151】また、図 28 (A) に示すように、電流制御用 TFT2403 のゲート電極 37 となる配線は 2404 で示される領域で、電流制御用 TFT2403 のドレイン線 40 と絶縁膜を介して重なる。このとき、2404 で示される領域ではコンデンサが形成される。このコンデンサ 2404 は電流制御用 TFT2403 のゲートにかかる電圧を保持するためのコンデンサとして機能する。なお、ドレイン線 40 は電流供給線（電源線）2501 に接続され、常に一定の電圧が加えられている。

【0152】スイッチング用 TFT2402 及び電流制御用 TFT2403 の上には第 1 パッシベーション膜 41 が設けられ、その上に樹脂絶縁膜でなる平坦化膜 42 が形成される。平坦化膜 42 を用いて TFT による段差を平坦化することは非常に重要である。後に形成される自発光層は非常に薄いため、段差が存在することによって発光不良を起こす場合がある。従って、自発光層をできるだけ平坦面に形成するように画素電極を形成する前に平坦化しておくことが望ましい。

【0153】また、43 は反射性の高い導電膜でなる画素電極（EL 素子の陰極）であり、電流制御用 TFT2403 のドレインに電氣的に接続される。画素電極 43 としてはアルミニウム合金膜、銅合金膜または銀合金膜など低抵抗な導電膜またはそれらの積層膜を用いることが好ましい。勿論、他の導電膜との積層構造としても良い。また、絶縁膜（好ましくは樹脂）で形成されたバンク 44a、44b により形成された溝（画素に相当する）の中に発光層 44 が形成される。なお、ここでは一画素しか図示していないが、R（赤）、G（緑）、B（青）の各色に対応した発光層を作り分けても良い。発光層とする有機 EL 材料としては π 共役ポリマー系材料を用いる。代表的なポリマー系材料としては、ポリパラフェニレンビニレン（PPV）系、ポリビニルカルバゾール（PVK）系、ポリフルオレン系などが挙げられる。尚、PPV 系有機 EL 材料としては様々な型のものがあるが、例えば「H. Shenk, H. Becker, O. Gelsen, E. Kluge, W. Kreuder, and H. Spreitzer, "Polymers for Light Emitting Diodes", Euro Display, Proceedings, 1999, p. 33-37」や特開平 10-92576 号公報に記載されたような材料を用いれば良い。

【0154】具体的な発光層としては、赤色に発光する発光層にはシアノポリフェニレンビニレン、緑色に発光する発光層にはポリフェニレンビニレン、青色に発光する発光層にはポリフェニレンビニレン若しくはポリアルキルフェニレンを用いれば良い。膜厚は 30~150nm（好ましくは 40~100nm）とすれば良い。但し、以上の例は発光層として用いることのできる有機 EL 材料の一例であって、これに限定する必要はまったくない。

発光層、電荷輸送層または電荷注入層を自由に組み合わせて自発光層（発光及びそのためのキャリアの移動を行わせるための層）を形成すれば良い。例えば、本実施例ではポリマー系材料を発光層として用いる例を示したが、低分子系有機EL材料を用いても良い。また、電荷輸送層や電荷注入層として炭化珪素等の無機材料を用いることも可能である。これらの有機EL材料や無機材料は公知の材料を用いることができる。

【0155】本実施例では発光層45の上にPEDOT（ポリチオフェン）またはPAni（ポリアニリン）でなる正孔注入層46を設けた積層構造の自発光層として10 いる。そして、正孔注入層46の上には透明導電膜でなる陽極47が設けられる。本実施例の場合、発光層45で生成された光は上面側に向かって（TFTの上方に向かって）放射されるため、陽極は透光性でなければならない。透明導電膜としては酸化インジウムと酸化スズとの化合物や酸化インジウムと酸化亜鉛との化合物を用いることができるが、耐熱性の低い発光層や正孔注入層を形成した後で形成するため、可能な限り低温で成膜できるものが好ましい。

【0156】陽極47まで形成された時点で自発光素子2405が完成する。なお、ここでいうEL素子2405は、画素電極（陰極）43、発光層45、正孔注入層46及び陽極47で形成されたコンデンサを指す。図28（A）に示すように画素電極43は画素の面積にほぼ一致するため、画素全体がEL素子として機能する。従って、発光の利用効率が非常に高く、明るい画像表示が可能となる。

【0157】ところで、本実施例では、陽極47の上にさらに第2パッシベーション膜48を設けている。第2パッシベーション膜48としては窒化珪素膜または窒化酸化珪素膜が好ましい。この目的は、外部とEL素子とを遮断することであり、有機EL材料の酸化による劣化を防ぐ意味と、有機EL材料からの脱ガスを抑える意味との両方を併せ持つ。これによりEL表示装置の信頼性が高められる。

【0158】以上のように本願発明のEL表示パネルは図28のような構造の画素からなる画素部を有し、オフ電流値の十分に低いスイッチング用TFTと、ホットキャリア注入に強い電流制御用TFTとを有する。従って、高い信頼性を有し、且つ、良好な画像表示が可能なEL表示パネルが得られる。

【0159】図27（B）は自発光層の構造を反転させた例を示す。電流制御用TFT2601は図15（B）のpチャネル型TFT200を用いて形成される。作製プロセスは実施例1を参照すれば良い。本実施例では、画素電極（陽極）50として透明導電膜を用いる。具体的には酸化インジウムと酸化亜鉛との化合物でなる導電膜を用いる。勿論、酸化インジウムと酸化スズとの化合物でなる導電膜を用いても良い。

【0160】そして、絶縁膜でなるバンク51a、51bが形成された後、溶液塗布によりポリビニルカルバゾールでなる発光層52が形成される。その上にはカリウムアセチルアセトネート（acacKと表記される）でなる電子注入層53、アルミニウム合金でなる陰極54が形成される。この場合、陰極54がパッシベーション膜としても機能する。こうしてEL素子2602が形成される。本実施例の場合、発光層53で発生した光は、矢印で示されるようにTFTが形成された基板の方に向かって放射される。本実施例のような構造とする場合、電流制御用TFT2601はpチャネル型TFTで形成することが好ましい。

【0161】尚、本実施例の構成は、実施例1～2のTFTの構成を自由に組み合わせて実施することが可能である。また、実施例8の電子機器の表示部として本実施例のEL表示パネルを用いることは有効である。

【0162】[実施例7]本実施例では、図28（B）に示した回路図とは異なる構造の画素とした場合の例について図29に示す。なお、本実施例において、2701はスイッチング用TFT2702のソース配線、2703はスイッチング用TFT2702のゲート配線、2704は電流制御用TFT、2705はコンデンサ、2706、2708は電流供給線、2707はEL素子とする。

【0163】図29（A）は、二つの画素間で電流供給線2706を共通とした場合の例である。即ち、二つの画素が電流供給線2706を中心に線対称となるように形成されている点に特徴がある。この場合、電源供給線の本数を減らすことができるため、画素部をさらに高精細化することができる。

【0164】また、図29（B）は、電流供給線2708をゲート配線2703と平行に設けた場合の例である。尚、図29（B）では電流供給線2708とゲート配線2703とが重ならないように設けた構造となっているが、両者が異なる層に形成される配線であれば、絶縁膜を介して重なるように設けることもできる。この場合、電源供給線2708とゲート配線2703とで専有面積を共有させることができるため、画素部をさらに高精細化することができる。

【0165】また、図29（C）は、図29（B）の構造と同様に電流供給線2708をゲート配線2703と平行に設け、さらに、二つの画素を電流供給線2708を中心に線対称となるように形成する点に特徴がある。また、電流供給線2708をゲート配線2703のいずれか一方と重なるように設けることも有効である。この場合、電源供給線の本数を減らすことができるため、画素部をさらに高精細化することができる。図29

（A）、図29（B）では電流制御用TFT2403のゲートにかかる電圧を保持するためにコンデンサ2404を設ける構造としているが、コンデンサ2404を省

略することも可能である。

【0166】電流制御用TFT2403として図27

(A)に示すような本願発明のnチャネル型TFTを用いているため、ゲート絶縁膜を介してゲート電極(と重なるように設けられたLDD領域を有している。この重なり合った領域には一般的にゲート容量と呼ばれる寄生容量が形成されるが、本実施例ではこの寄生容量をコンデンサ2404の代わりとして積極的に用いる点に特徴がある。この寄生容量のキャパシタンスは上記ゲート電極とLDD領域とが重なり合った面積で変化するため、その重なり合った領域に含まれるLDD領域の長さによって決まる。また、図29(A)、(B)、(C)の構造においても同様にコンデンサ2705を省略することは可能である。

【0167】尚、本実施例の構成は、実施例1~2のTFTの構成を自由に組み合わせて実施することが可能である。また、実施例8の電子機器の表示部として本実施例のEL表示パネルを用いることは有効である。

【0168】[実施例8]本実施例では、本発明のTFT回路によるアクティブマトリクス型液晶表示装置を組み込んだ半導体装置について図30、図31、図32で説明する。

【0169】このような半導体装置には、携帯情報端末(電子手帳、モバイルコンピュータ、携帯電話等)、ビデオカメラ、スチルカメラ、パーソナルコンピュータ、テレビ等が挙げられる。それらの一例を図30と図31に示す。

【0170】図30(A)は携帯電話であり、本体9001、音声出力部9002、音声入力部9003、表示装置9004、操作スイッチ9005、アンテナ9006から構成されている。本願発明は音声出力部9002、音声入力部9003、及びアクティブマトリクス基板を備えた表示装置9004に適用することができる。

【0171】図30(B)はビデオカメラであり、本体9101、表示装置9102、音声入力部9103、操作スイッチ9104、バッテリー9105、受像部9106から成っている。本願発明は音声入力部9103、及びアクティブマトリクス基板を備えた表示装置9102、受像部9106に適用することができる。

【0172】図30(C)はモバイルコンピュータ或いは携帯型情報端末であり、本体9201、カメラ部9202、受像部9203、操作スイッチ9204、表示装置9205で構成されている。本願発明は受像部9203、及びアクティブマトリクス基板を備えた表示装置9205に適用することができる。

【0173】図30(D)はヘッドマウントディスプレイであり、本体9301、表示装置9302、アーム部9303で構成される。本願発明は表示装置9302に適用することができる。また、表示されていないが、その他の信号制御用回路に使用することもできる。

【0174】図30(E)はテレビであり、本体9401、スピーカー9402、表示装置9403、受信装置9404、増幅装置9405等で構成される。実施例5で示す液晶表示装置や、実施例6または7で示すEL表示装置は表示装置9403に適用することができる。

【0175】図30(F)は携帯書籍であり、本体9501、表示装置9502、9503、記憶媒体9504、操作スイッチ9505、アンテナ9506から構成されており、ミニディスク(MD)やDVDに記憶されたデータや、アンテナで受信したデータを表示するものである。表示装置9502、9503は直視型の表示装置であり、本発明はこの適用することができる。

【0176】図31(A)はパーソナルコンピュータであり、本体9601、画像入力部9602、表示装置9603、キーボード9604で構成される。

【0177】図31(B)はプログラムを記録した記録媒体(以下、記録媒体と呼ぶ)を用いるプレーヤーであり、本体9701、表示装置9702、スピーカ部9703、記録媒体9704、操作スイッチ9705で構成される。なお、この装置は記録媒体としてDVD(Digital Versatile Disc)、CD等を用い、音楽鑑賞や映画鑑賞やゲームやインターネットを行うことができる。

【0178】図31(C)はデジタルカメラであり、本体9801、表示装置9802、接眼部9803、操作スイッチ9804、受像部(図示しない)で構成される。

【0179】図32(A)はフロント型プロジェクターであり、表示装置3601、スクリーン3602で構成される。本発明は表示装置やその他の信号制御回路に適用することができる。

【0180】図32(B)はリア型プロジェクターであり、本体3701、投射装置3702、ミラー3703、スクリーン3704で構成される。本発明は表示装置やその他の信号制御回路に適用することができる。

【0181】なお、図32(C)は、図32(A)及び図32(B)中における投射装置3601、3702の構造の一例を示した図である。投射装置3601、3702は、光源光学系3801、ミラー3802、3804~3806、ダイクロイックミラー3803、プリズム3807、液晶表示装置3808、位相差板3809、投射光学系3810で構成される。投射光学系3810は、投射レンズを含む光学系で構成される。本実施例は三板式の例を示したが、特に限定されず、例えば単板式であってもよい。また、図32(C)中において矢印で示した光路に実施者が適宜、光学レンズや、偏光機能を有するフィルムや、位相差を調節するためのフィルム、IRフィルム等の光学系を設けてもよい。

【0182】また、図32(D)は、図32(C)中における光源光学系3801の構造の一例を示した図であ

る。本実施例では、光源光学系 3801 は、リフレクター 3811、光源 3812、レンズアレイ 3813、3814、偏光変換素子 3815、集光レンズ 3816 で構成される。なお、図 32 (D) に示した光源光学系は一例であって特に限定されない。例えば、光源光学系に実施者が適宜、光学レンズや、偏光機能を有するフィルムや、位相差を調節するフィルム、IR フィルム等の光学系を設けてもよい。

【0183】また、本発明はその他にも、イメージセンサや EL 型表示素子に適用することも可能である。このように、本願発明の適用範囲はきわめて広く、あらゆる分野の電子機器に適用することが可能である。

【0184】

【発明の効果】本発明によれば、光学系にて形成された線状レーザー光の長手方向の長さを調節するスリットを設けることにより、一辺がレーザー光の長手方向の長さよりも大きな基板の特定の領域にレーザー光を用いた熱処理を行うことができる。本発明におけるレーザー光を用いた熱処理には、レーザー結晶化法や、一導電型の不純物元素を活性化させるための熱処理に適用することができる。このような本発明のレーザー光を用いた熱処理方法及びレーザー装置を適用すると特性の良い TFT を作製することが可能で、また、生産性の向上を達成することができる。このようなアクティブマトリクス基板を用いて液晶表示装置や EL 表示装置を作製することができる。

【0185】また、レーザー装置を本発明の構成とすることにより、装置を大形化することなく大面積基板に対しレーザー光を用いた熱処理を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明のレーザー光を用いた半導体膜に対する熱処理方法を説明する図。

【図 2】 本発明のレーザー装置の構成を説明する図。

【図 3】 本発明のレーザー装置の構成を説明する図。

【図 4】 本発明のレーザー装置の光学系の構成を説明する図。

【図 5】 本発明のレーザー装置の光学系の構成を説明する図。

【図 6】 本発明のレーザー装置の光学系の構成を説明する図。

【図 7】 光伝導媒体の構成を説明する図。

【図 8】 本発明のレーザー装置の光学系の構成を説明する図。

【図 9】 本発明のレーザー光を用いた半導体膜に対する熱処理方法により結晶質半導体膜を形成する方法を説明する図。

【図 10】 本発明のレーザー光を用いた半導体膜に対する熱処理方法により結晶質半導体膜を形成する方法を説明する図。

【図 11】 本発明のレーザー光を用いた半導体膜に対する熱処理方法により結晶質半導体膜を形成する方法を説明する図。

【図 12】 本発明のレーザー光を用いた半導体膜に対する熱処理方法を説明する図。

【図 13】 画素 TFT、駆動回路の TFT の作製工程を示す断面図。

【図 14】 画素 TFT、駆動回路の TFT の作製工程を示す断面図。

【図 15】 画素 TFT、駆動回路の TFT の作製工程を示す断面図。

【図 16】 画素 TFT、駆動回路の TFT の作製工程を示す断面図。

【図 17】 駆動回路の TFT と画素 TFT の構造を示す上面図。

【図 18】 駆動回路の TFT と画素 TFT の構造を示す断面図。

【図 19】 画素 TFT、駆動回路の TFT の作製工程を示す断面図。

【図 20】 画素 TFT、駆動回路の TFT の作製工程を示す断面図。

【図 21】 アクティブマトリクス型液晶表示装置の作製工程を示す断面図。

【図 22】 アクティブマトリクス型液晶表示装置の構成を示す断面図。

【図 23】 液晶表示装置の入力端子、配線、回路配置、スペーサ、シール剤の配置を説明する上面図。

【図 24】 液晶表示装置の構成を説明する斜視図。

【図 25】 画素部の画素を示す上面図。

【図 26】 EL 表示装置の構造を示す上面図及び断面図。

【図 27】 EL 表示装置の画素部の断面図。

【図 28】 EL 表示装置の画素部の上面図と回路図。

【図 29】 EL 表示装置の画素部の回路図の例。

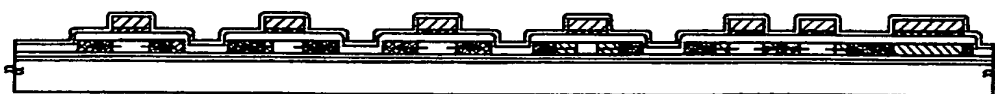
【図 30】 半導体装置の一例を示す図。

【図 31】 半導体装置の一例を示す図。

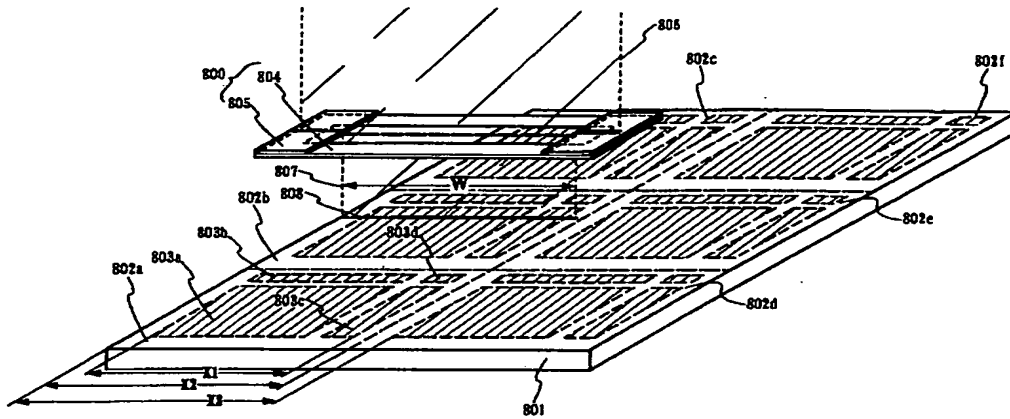
【図 32】 投影型液晶表示装置の構成を示す図。

【図 19】

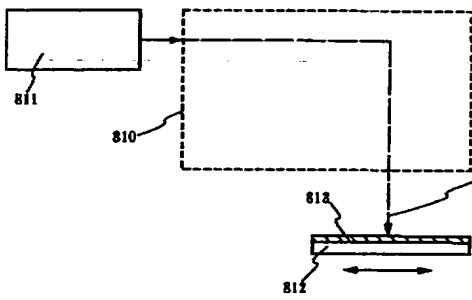
活性化工程



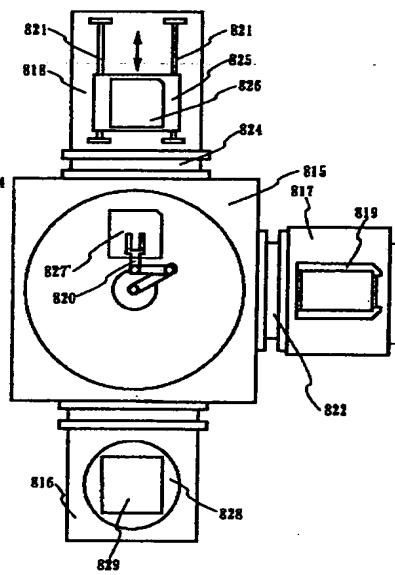
【図1】



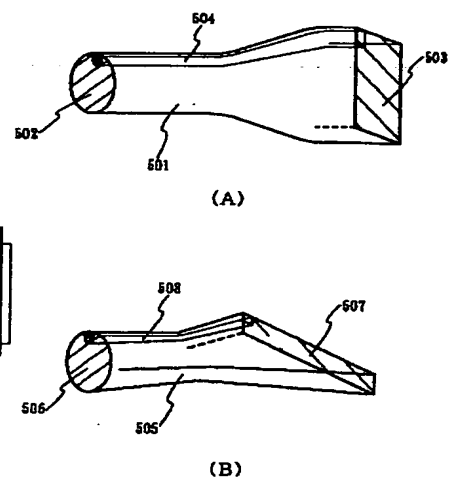
【図2】



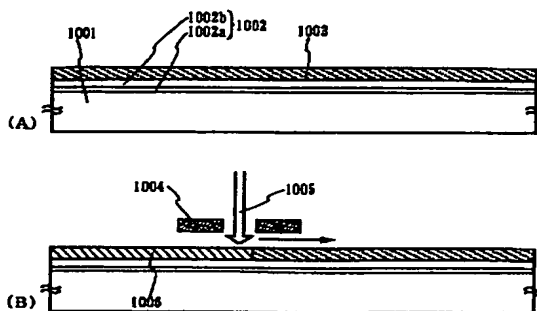
【図3】



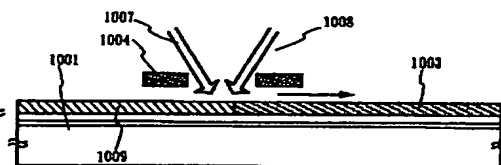
【図7】



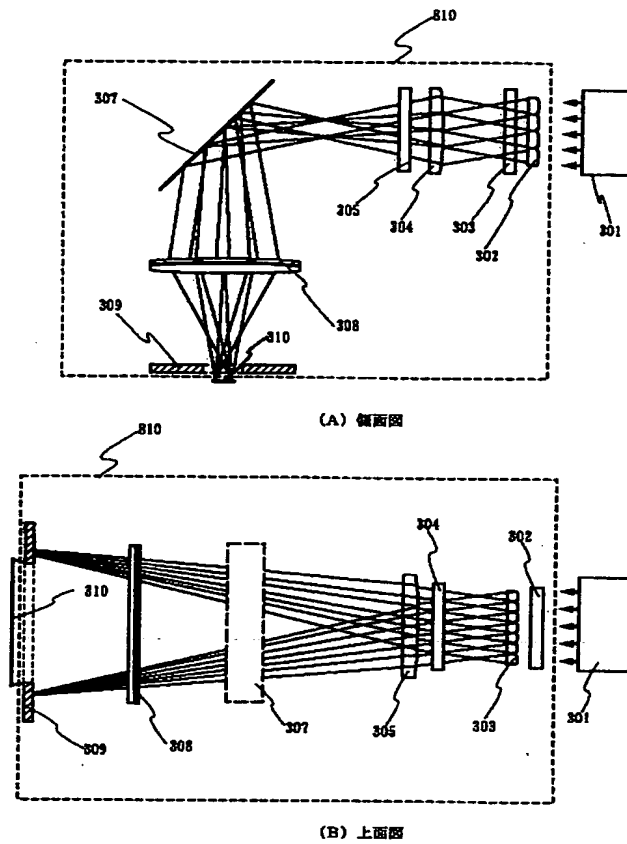
【図9】



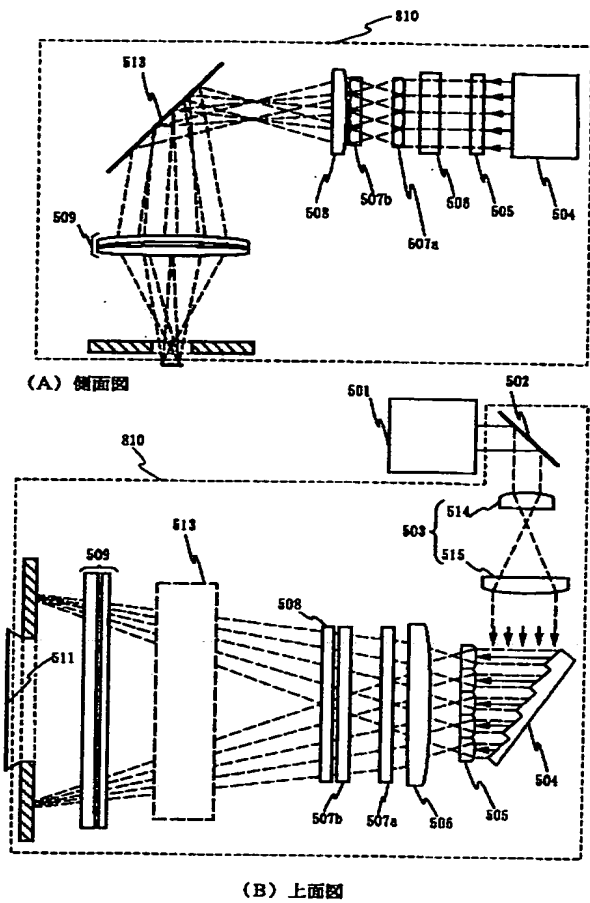
【図10】



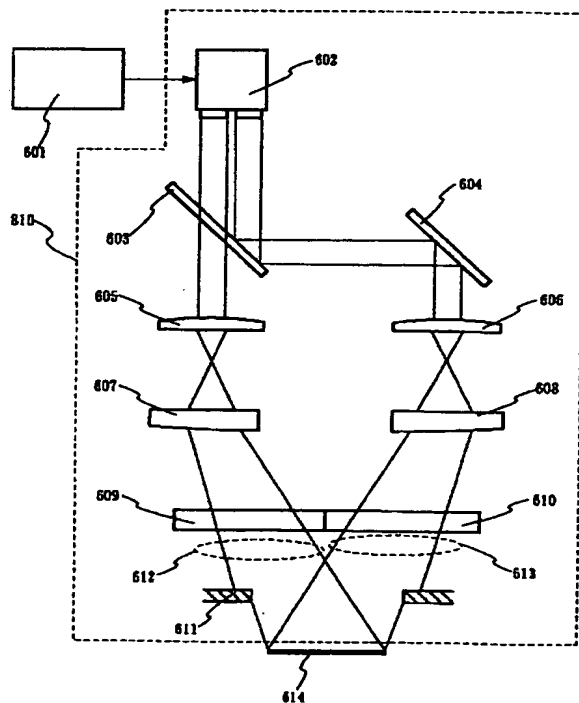
【図 4】



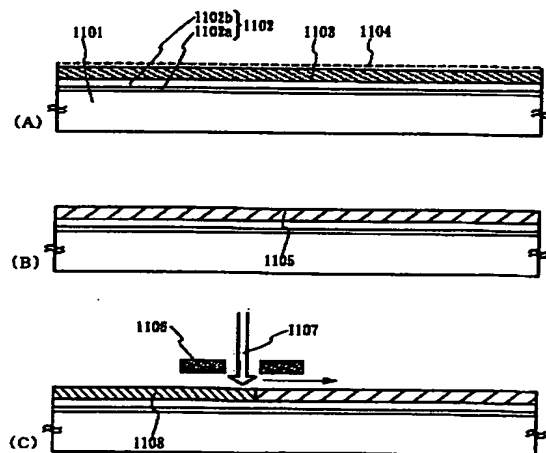
【図 5】



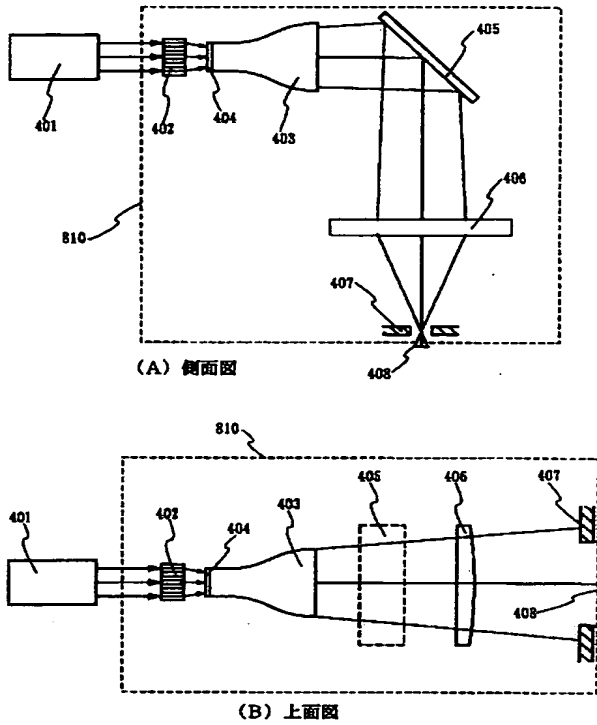
【図 8】



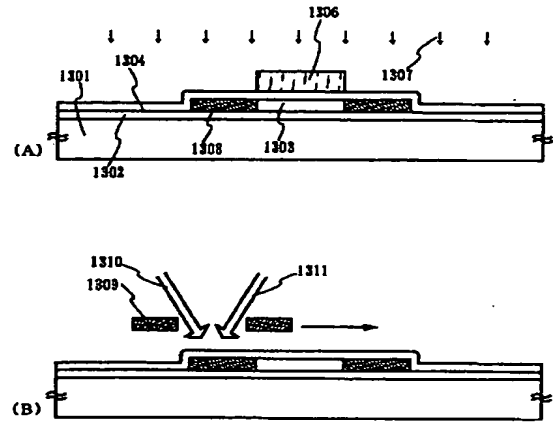
【図 11】



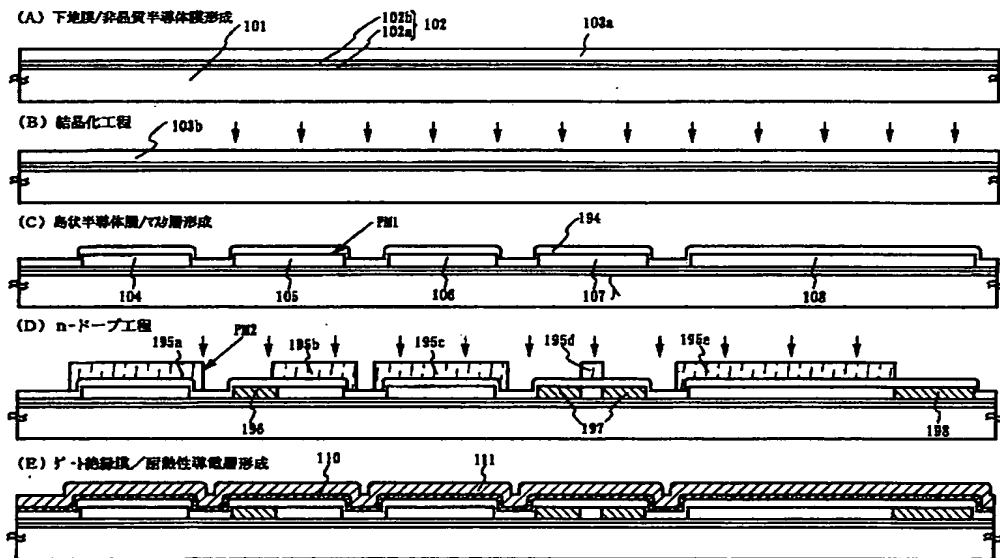
【図6】



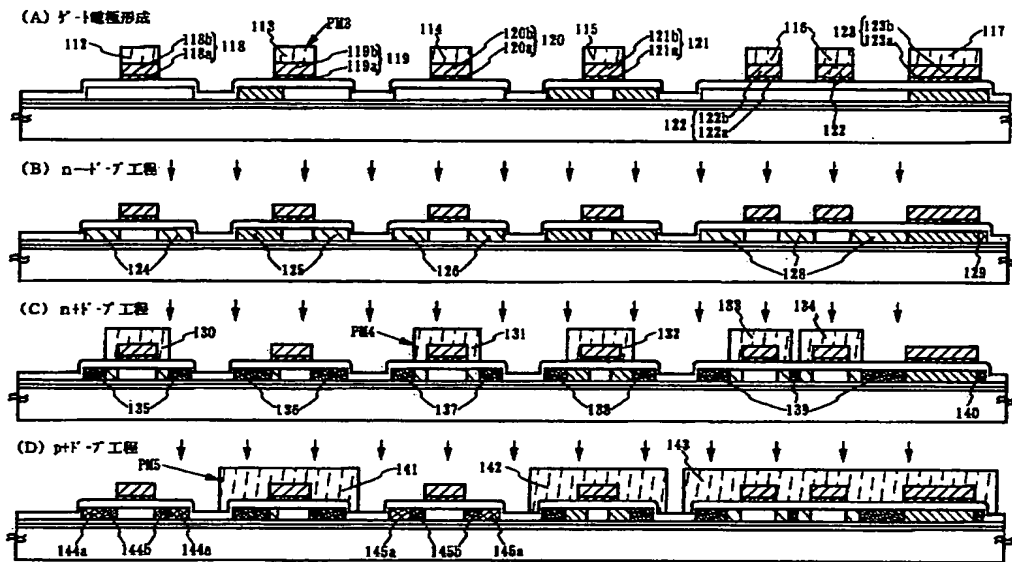
【図12】



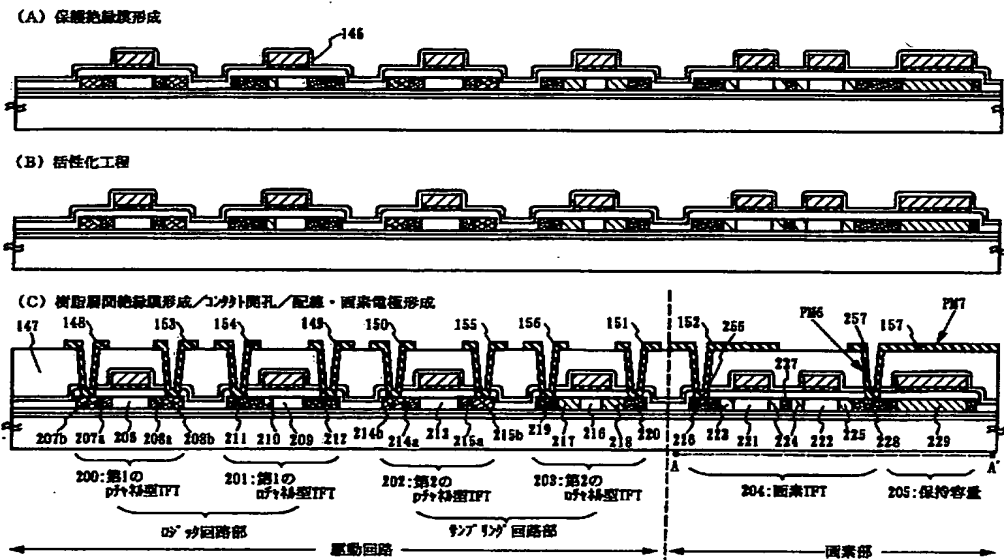
【図13】



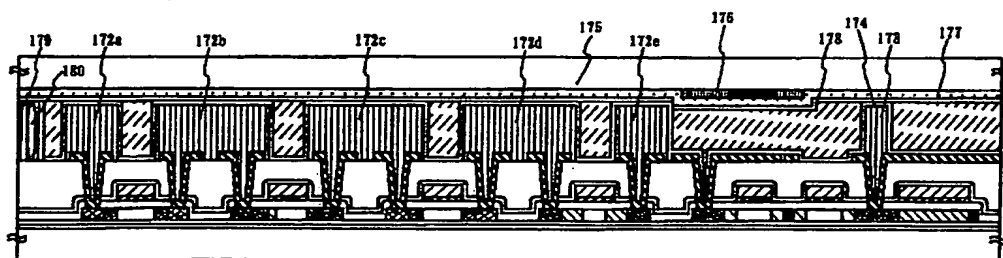
【図14】



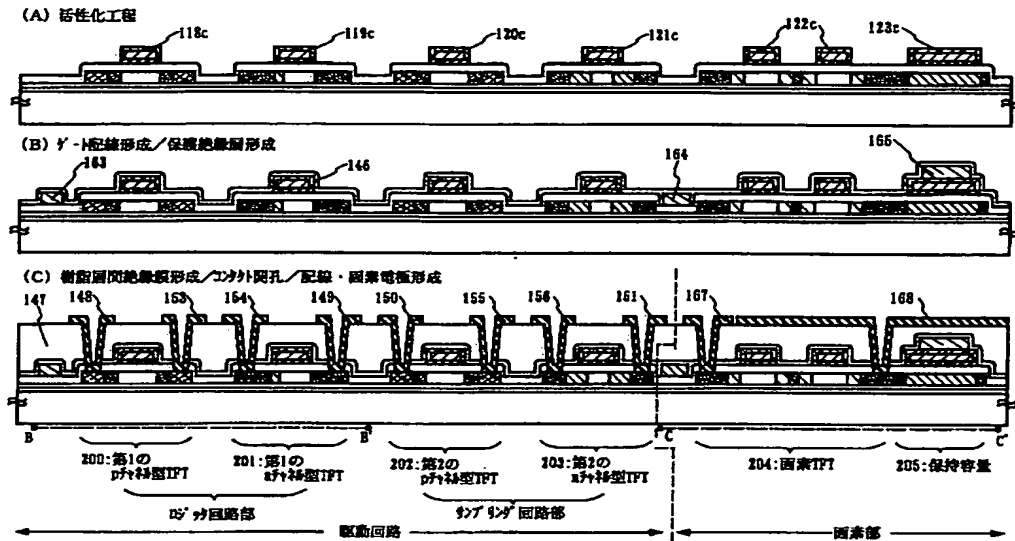
【図15】



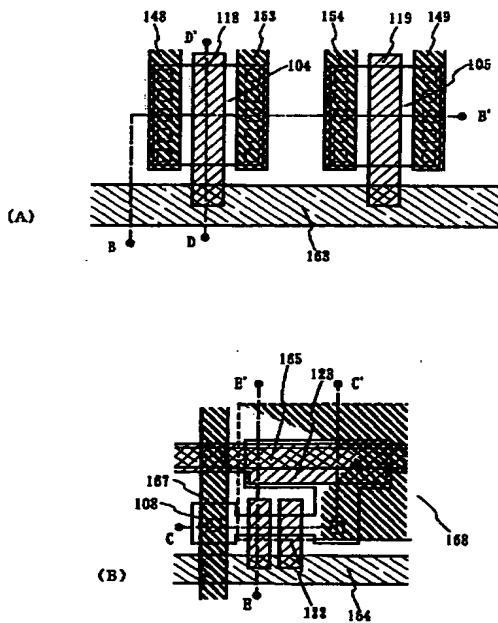
【図22】



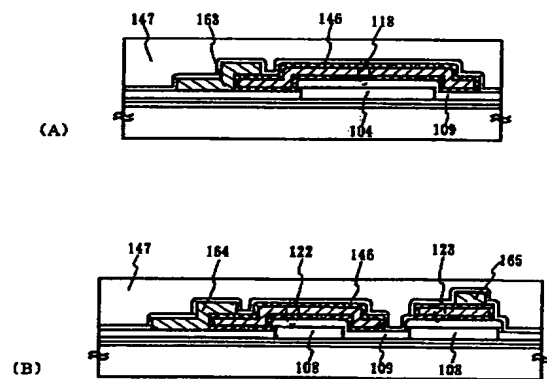
【図16】



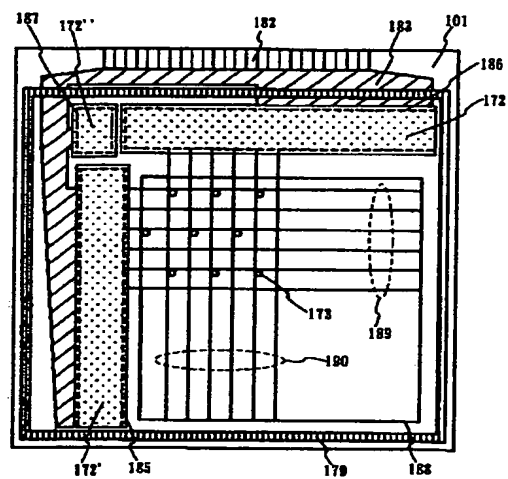
【図17】



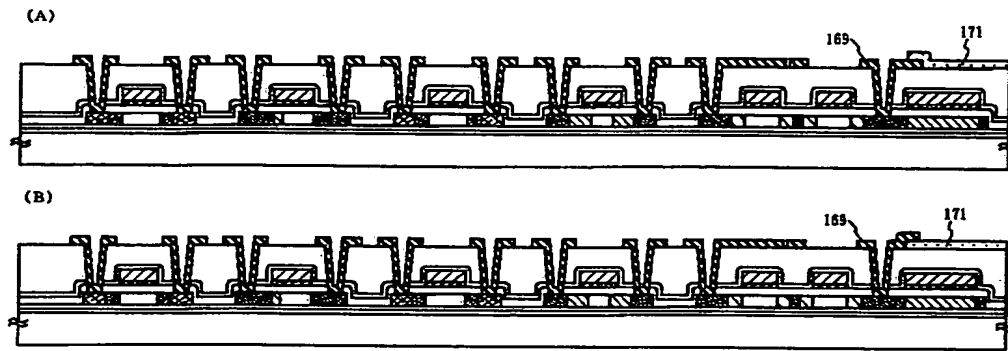
【図18】



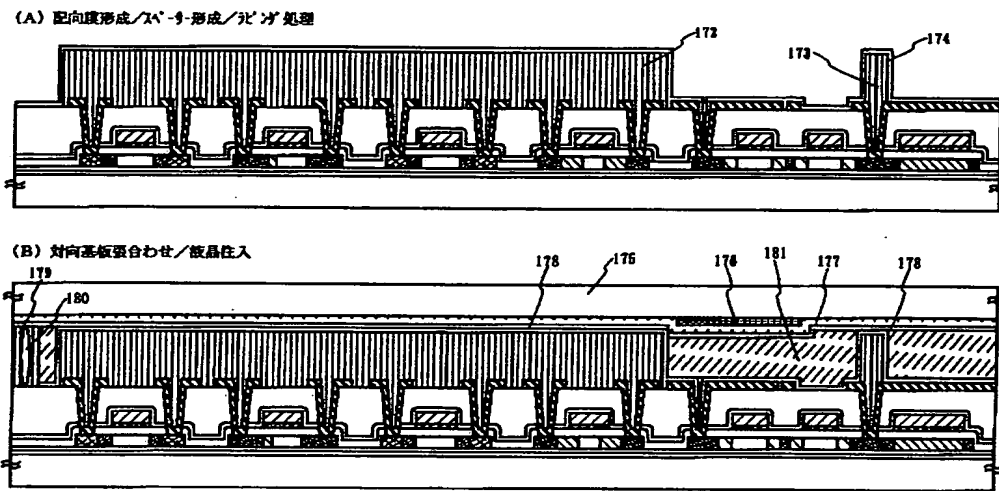
【図23】



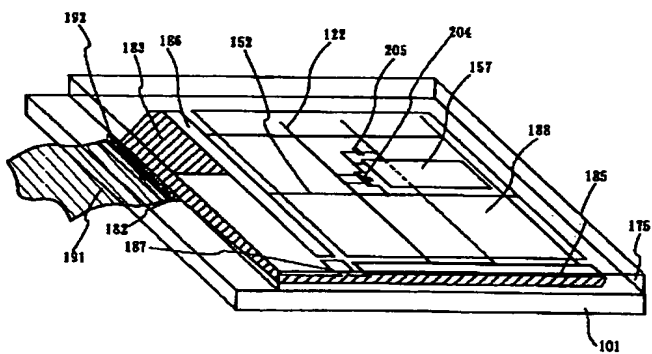
【図20】



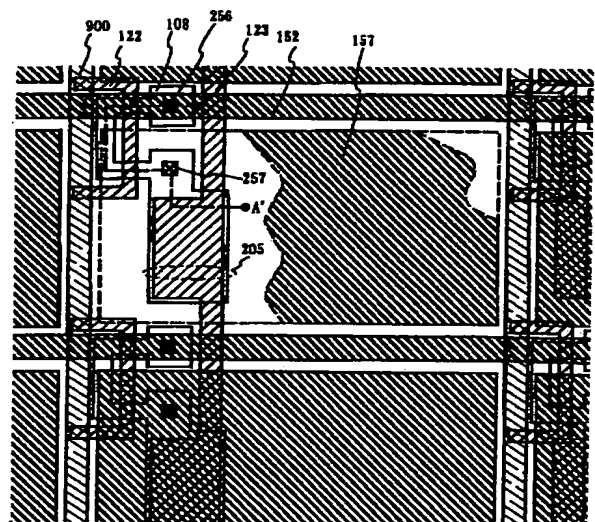
【図21】



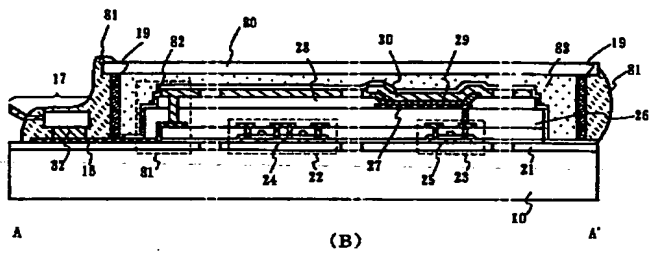
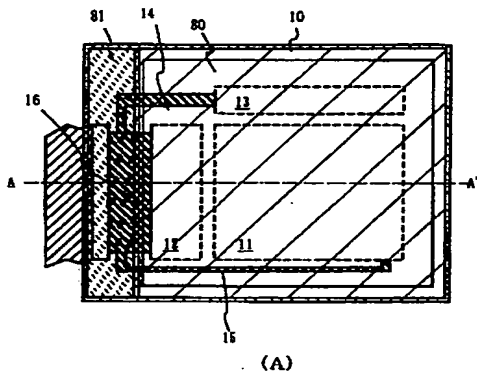
【図24】



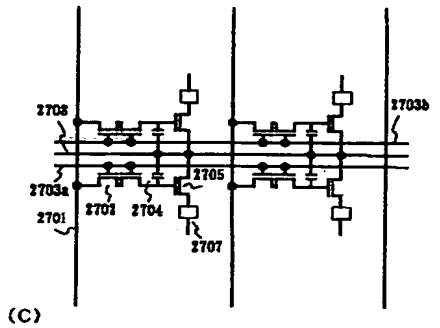
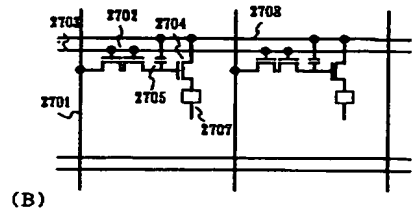
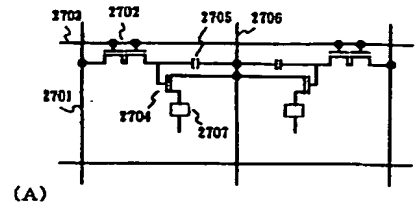
【図25】



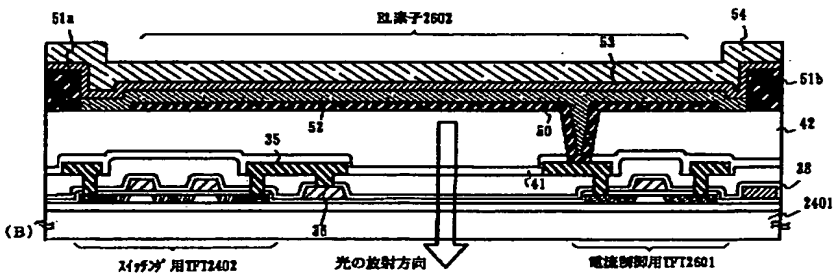
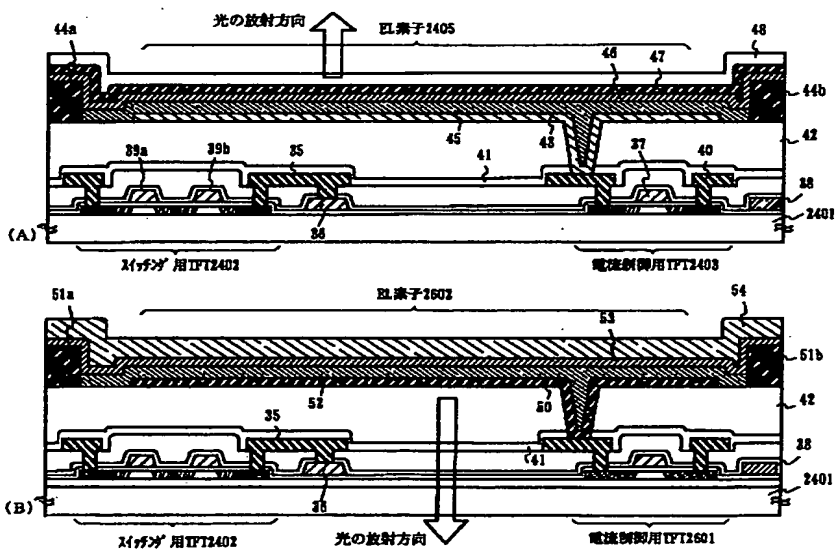
【図26】



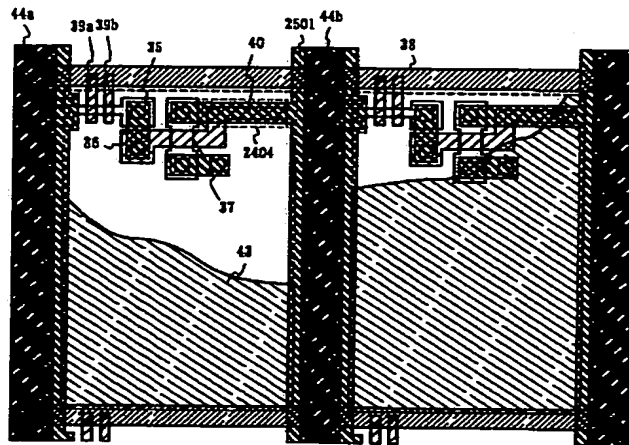
【図29】



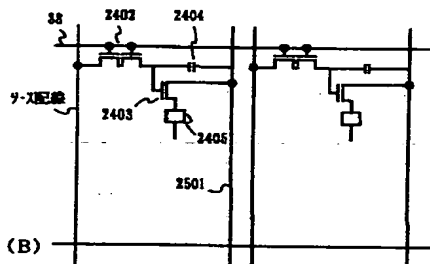
【図27】



【図 28】

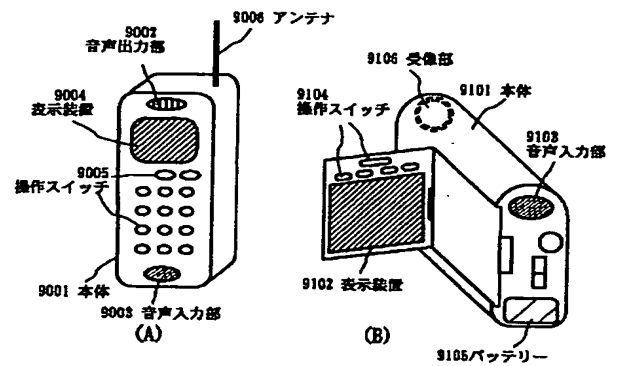


(A)



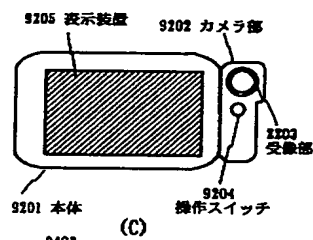
(B)

【図 30】

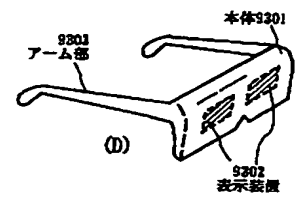


(A)

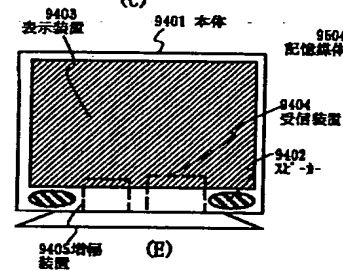
(B)



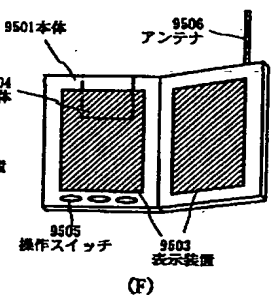
(C)



(D)

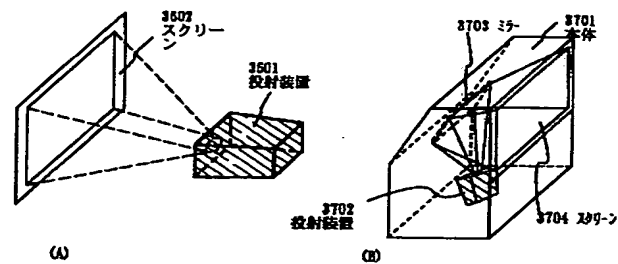


(E)

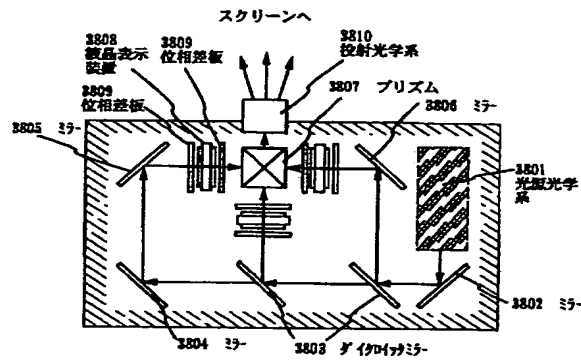


(F)

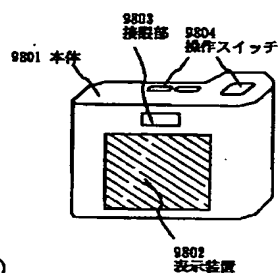
【图 3 2】



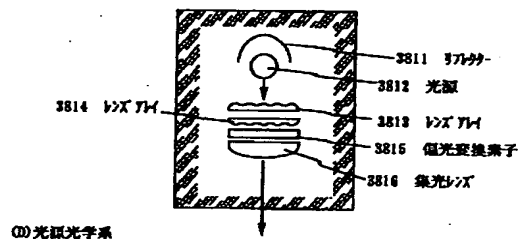
(A)



(B)



(C)



④) 光源光学系

テーマコード（参考）

6 2 7 F
6 2 7 G

F ターム(参考) 2K002 AA07 AB12 GA10 HA20 HA32
5F052 AA02 BA07 BA12 BA14 BA18
BB02 DA02 DB03 GC10 JA01
5F072 AB02 AB20 KK12 KK30 MM08
MM09 MM17 PP01 PP07 QQ02
RR01 RR05 SS06 YY08
5F110 BB01 CC02 DD02 DD13 DD14
DD15 DD17 EE04 EE05 EE14
EE44 FF02 FF04 FF28 FF30
GG02 GG13 GG25 GG35 GG45
HJ18 HJ23 HK39 HL03 HL04
HL11 HL23 HL27 HM15 NN02
NN35 PP03 PP06 PP07 QQ04
QQ09 QQ21

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.